

Rautateiden liikkuvan kaluston kunnan valvonta runkoverkolla



Annika Salokangas



RATAHALLINTOKESKUS
BANFÖRVALTNINGSCENTRALEN

Ratahallintokeskuksen
julkaisu A 3/2008

Rautateiden liikkuvan kaluston
kunnan valvonta runkoverkolla

Annika Salokangas

Helsinki 2008

Ratahallintokeskus

Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 3/2008

ISBN 978-952-445-218-2 (nid.)

ISBN 978-952-445-219-9 (pdf)

ISSN 1455-2604

Julkaisu pdf-muodossa: www.rhk.fi

Kannen ulkoasu: Proinno Design Oy, Sodankylä

Kansikuva: Seppo Mäkitupa

Helsinki 2008

Salokangas, Annika: Rautateiden liikkuvan kaluston kunnan valvonta runkoverkolla. Ratahallintokeskus, Rataverkko-osasto. Helsinki 2008. Ratahallintokeskuksen julkaisuja A 3/2008. 71 sivua ja 15 liitettä. ISBN 978-952-445-218-2, ISBN 978-952-445-219-9 (pdf), ISSN 1455-2604.

Avainsanat: pyörävoimailmaisien, virroitinvalvontajärjestelmä, lovipyörä

TIIVISTELMÄ

Junakaluston pyörä-, laakeri-, akseli- ja jarruvauriot ovat haitallisia junaturvallisuuden ja myös kiskojen kulumisen ja vahingoittumisen kannalta. Vikojen tunnistamiseen on käytössä automaattisia tunnistusjärjestelmiä, mutta pyörävikojen, erityisesti epäsymmetrisiksi kuluneiden ns. lovipyörien tunnistus, tapahtuu Suomessa vielä aistinvaraisesti. Ratahallintokeskus on hankkimassa automaattisia pyörävoimatunnistimia pyörävikojen tunnistamiseen. Ilmaisimien tyyppiä, määrää eikä sijoituspaikkoja ole toistaiseksi päätetty. Tämän tutkimuksen avulla pyritään mahdollisimman kattavan valvontajärjestelmän luomiseen koko rataverkolle niin henkilö- kuin tavaravaunujen pyörävikojen tunnistamiseksi. Erityinen huomio on kiinnitetty venäläisten vaunujen tarkkailuun, sillä niissä on havaittu merkittävästi suomalaisia vaunuja useammin pyörävikoja.

Tutkimuksen tuloksena eritellään kolme vaihtoehtoista tunnistimien sijoitusmallia, joista yksi on runkoverkolle sijoitettava 12 kiinteän pyörävoimailmaisimen malli, jolla käytännössä hallitaan keskeinen aikataulutettu liikenne. Kaksi muuta mallia sisältävät myös siirrettäviä mittalaitteita, joilla vähäliikenteisten rataosien liikennettä voidaan aika ajoin tutkia.

Merkittävää lopputuloksen kannalta on se, että ratakapasiteetin käytön määrä ei muodostu ensisijaiseksi selittäjäksi sijoituspaikkoja määritettäessä. Hyvin keskeisiä sijoittelukriteerejä ovat riittävän pitkät ja sopivalla etäisyydellä mittalaitteesta sijaitsevat liikennepaikat, joille juna hälytyksen tapahduttua voidaan ohjata ja pysäyttää, sekä olemassa olevien kuumakäynti-ilmaisimien sijaintipaikat tietoliikenneyhteyksineen.

Virroittimien valvontajärjestelmää tarvitaan seuraamaan sähköveturien virroittimen kontaktihiilen kulumista. Vioittunut virroitin voi aiheuttaa ylimääräistä rasitusta ajolankaan, jonka seurauksena ajolanka voi katketa. Valvontajärjestelmän tarkoitus on ennakoida mahdolliset viat ja niistä aiheutuvat vahingot. Virroittimien valvontajärjestelmän sijoituspaikoiksi esitetään kaksi eri sijoituspaikkaa, joiden kautta kaikki Suomen sähköveturit liikkuvat.

Salokangas, Annika: Övervakning av järnvägarnas rörliga material på bannätet. Banförvaltningscentralen, Bannätsavdelningen. Helsingfors 2008. Banförvaltningscentralens publikationer A 3/2008. 71 sidor och 15 bilagor. ISBN 978-952-445-218-2, ISBN 978-952-445-219-9 (pdf), ISSN 1455-2604.

Nyckelord: hjulkraftdetektor, övervakningssystem för strömavtagare, hjulkraft

SAMMANDRAG

Tågmateriallets hjul-, lager-, axel- och bromsskador är skadliga för tågsäkerheten, men påverkar också skenorneas slitage och skador.. För att upptäcka fel används automatiska identifieringssystem, men identifieringen av hjulfel, speciellt osymmetriskt nedslitna hjul, sker ännu genom mänsklig verksamhet. Banförvaltningscentralen har för avsikt att anskaffa automatiska hjulkraftdetektorer för identifiering av hjulfel. Detektorernas typ, antal och placering har inte ännu fastställts. Avsikten är att med hjälp av denna undersökning skapa ett möjligast täckande övervakningssystem för hela bannätverket för identifiering av hjulfel både hos person- och godsvagnar. Uppmärksamhet har speciellt fästs vid övervakningen av ryska vagnar, eftersom hjulfel har upptäckts i en betydligt större utsträckning hos dessa än hos finländska vagnar.

Som resultat av undersökningen presenteras tre alternativa placeringmodeller. Ett alternativ är en model med 12 fasta hjulkraftdetektorer som placerars på stamnätet. Med denna model skulle den centrala tidtabellsbaserade trafiken kontrolleras. De två andra modellerna innehåller även flyttbara mätinstrument, med vilka trafiken på banavsnitt med glesare trafik tidvis kan undersökas.

Det är av stor betydelse för slutresultatet att frekvensen av bankapacitetens användning inte blir en avgörande faktor då placeringen fastställs. Ett centralt kriterium för placeringen är däremot det att det finns tillräckligt långa trafikplatser på lämpligt avstånd från mätinstrumentet, så att tåg kan styras till och stannas på dessa då larmet går. Redan befintliga hetgångs-detektorers position samt dessas datatrafikförbindelser är också ett centralt kriterium.

Ett övervakningssystem för strömavtagare behövs för att följa med slitaget av ellokens strömavtagares kontaktkol. En skadad strömavtagare kan skapa extra belastning på drivtråden, vilket i sin tur kan resultera i att drivtråden går av. Avsikten med övervakningssystemet är att förutspå möjliga fel och skador som orsakas av dessa. Två olika platser, via vilka alla Finlands ellok rör sig, föreslås för placering av strömavtagarnas övervakningssystem.

Salokangas, Annika: Monitoring the condition of rail cars on the Finnish railways. Finnish Rail Administration, Rail Network Department. Helsinki 2008. Publications of the Finnish Rail Administration A 3/2008. 71 pages and 15 appendices. ISBN 978-952-445-218-2, ISBN 978-952-445-219-9 (pdf), ISSN 1455-2604.

Keywords: wheel flat detector, pantograph measurement system, wheel flat

ABSTRACT

Trains with damaged components such as wheels, bearings, shafts or breaks form a risk to railway safety in addition to wearing the rails they are operated on. Advanced automatic systems for the detection of faulty equipment have been developed. Nevertheless the detection of the wheels with unsymmetrically worn surfaces so called wheel flats on Finnish railways has been based on visual observations or the audible characteristics of such wheels. The Finnish Railway Administration is acquiring a system of automated wheel force sensors to detect wheel flats. The specific type, number, or situating of the detectors has not been decided on. The objective of this study is to find optimal locations on the Finnish railway network for the wheel flat detectors. The goal in taking such equipment in to use is to be able to survey the condition of as many trains as possible. Special consideration is given to the ability to detect faults in trains originating from Russia, as they have been found to have relatively numerous faulty wheels.

This study results in three alternative models for the situating of the wheel flat detectors. Firstly, 12 locations are presented for stationary detectors, by which the majority of regularly scheduled traffic can be supervised. The other two models consist partly of transferable detectors that are suitable for occasional monitoring of rail segments with less traffic volume.

There are numerous criteria for the locating of the detectors in addition to the traffic volumes of rail segments. An important factor is the vicinity of a rail yard where damaged equipment can be removed from operation upon an alarm. An attempt is also made to benefit from existing installations of other rail traffic monitoring equipment to facilitate information transfer from the detectors.

In addition to wheel flat detection, a pantograph measurement system is needed to measure the condition the contact wires of electric railway engines. A damaged contact wire may cause increased loads on the overhead wire or in some cases even cut it completely. The pantograph measurement system makes it possible to predict such damages and give saving in repair expenses. For this equipment, two locations are suggested on the railway network through which all Finnish electric engines operate regularly.

ALKUSANAT

Työ tehtiin Teknillisen korkeakoulun Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitoksella liikenteen yksikössä Ratahallintokeskukselle 1.8.2007–31.1.2008. Tutkimuksen on laatinut tekniikan ylioppilas Annika Salokangas. Tutkimus on samalla tekijän diplomityö Teknillisen korkeakoulun rakennus- ja ympäristötekniikan osastolle.

Työn valvojana toimi professori Timo Ernvall Teknillisen korkeakoulun liikennetekniikan yksiköstä. Työn ohjaajana toimi ylitarkastaja Seppo Mäkitupa Ratahallintokeskuksesta.

Tutkimuksessa esitetyt mielipiteet ja päätelmät ovat kirjoittajan omia, eikä Ratahallintokeskus sitoudu niihin.

Helsingissä, maaliskuussa 2008

Ratahallintokeskus
Rataverkko-osasto

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
SAMMANDRAG.....	4
ABSTRACT.....	5
ALKUSANAT.....	6
TERMIT JA KÄSITTEET.....	9
1 JOHDANTO.....	11
2 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	13
3 JUNAKALUSTOSTA RATAAN VAIKUTTAVAT VAURIOTYYPIT.....	15
3.1 Lovipyörät.....	15
3.1.1 Lovipyörien tunnuspiirteet.....	15
3.1.2 Lovien synty ja vaurion eteneminen.....	16
3.1.3 Pyörävikojen valvonta.....	19
3.2 Modernin teknologian käyttö lovipyörien valvonnassa.....	19
3.2.1 Mittalaitteiden tekniikka.....	19
3.2.2 Laserjärjestelmä.....	20
3.2.3 Kiihtyvyysanturijärjestelmä.....	21
3.2.4 Voima-anturijärjestelmä.....	21
3.2.5 Utissa sijaitseva pyörävoimailmaisimien.....	22
3.3 Virroittimista ajolankaan kohdistuvat rasitukset.....	24
3.3.1 Junan sähköjärjestelmä.....	24
3.3.2 Ajolangat.....	25
3.3.3 Ajolankojen kulumisen.....	25
3.3.4 Kuvausjärjestelmän käyttö virroittimien valvomisessa.....	26
4 LIIKENNÖINTI RATAVERKOLLA.....	28
4.2 Yleistä rataverkosta.....	28
4.2 TEN-rataverkko.....	30
4.3 Matka- ja tonnimäärät runkoverkolla.....	31
4.4 Kaluston kierto runkoverkolla.....	31
4.4.1 Henkilövaunujen kierto.....	31
4.4.2 Tavaravaunujen kierto.....	33
4.4.3 Veturien kierto.....	35
4.5 Kuumakäynti-ilmaisimien sijainti runkoverkolla.....	36
5 SIJOITTAMISEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ.....	38
5.1 Liikennepaikat.....	38
5.2 Pyörävoimailmaisimien viive.....	38
5.3 Henkilöresurssit liikennepaikoilla.....	42
6 TULOKSET.....	43
6.1 Pyörävoimailmaisimien sijaintipaikat.....	43
6.2 Kiinteiden ilmaisimien malli.....	48

6.2.1 Vainikkala	48
6.2.2 Niirala	48
6.2.3 Vartius	48
6.2.4 Imatrankoski	49
6.2.5 Utti	49
6.2.6 Kulju	50
6.2.7 Harju	51
6.2.8 Kalkku	51
6.2.9 Tupos	53
6.2.10 Madekoski	54
6.3 Kiinteiden ja siirrettävien ilmaisimien malli	55
6.3.1 Madekoski	55
6.3.2 Tammisaari, Inkoo	55
6.3.3 Kangasala	56
6.4 Valvonnan täydennys tulevaisuudessa	57
6.4.1 Nakkila	57
6.4.2 Ylistaro, Ilmajoki	57
6.4.3 Laukaa	58
6.4.4 Hiekkaharju, Luoma	58
6.5 Ilmaisimien siirto verkolla	63
6.6 Yhteenveto ilmaisimista	64
6.7 Virroittimen kuvausjärjestelmän sijainti	66
7 YHTEENVETO	67

LIITTEET

Liite 1	TEN-rataverkko, Suomen rautatiet
Liite 2	Henkilöliikenteen matkat vuonna 2006
Liite 3	Tavaraliikenteen kuljetukset vuonna 2006
Liite 4	Tavaraliikenteen kotimaan liikenne vuonna 2006
Liite 5	Tavaraliikenteen läntinen liikenne vuonna 2006
Liite 6	Tavaraliikenteen itäinen liikenne vuonna 2006
Liite 7	Tavaraliikenteen transitoliikenne vuonna 2006
Liite 8	Pendolinojen reitit 3.9.2006 alkaen
Liite 9	InterCity-reitit 3.9.2006 alkaen
Liite 10	Sinisten taajama- ja pikajunien reitit 3.9.2006 alkaen
Liite 11	Kiskobussireitit 3.9.2006 alkaen
Liite 12	Sm4-kaupunkijunien reitit 3.9.2006 alkaen
Liite 13	Yöjunatarjonta 3.6.2006 alkaen
Liite 14	Kokonaisjunatarjonta 3.6.2006 alkaen
Liite 15	Pääkaupunkiseudun junamäärät 12.8.2007 alkaen

TERMIT JA KÄSITTEET

ADD-järjestelmä (Automatic Dropping Device)

Järjestelmä, joka tunnistaa virroittimen ja ajolangan välisen ylikuormituksen, jonka jälkeen pudottaa virroitinta automaattisesti alaspäin.

Ajojohdin

Ajolangan ja kannattimen tai vain ajolangan muodostama johdin.

Ajolanka

Ajojohtimen alempi osajohdin, josta virroitin ottaa tehoa.

Junapari

Kaksi junavuoroa, jotka kulkevat määrätyllä reitillä vastakkaisiin suuntiin.

Junavuoro

Junan aikataulutettu kulkumäärä määrätyllä reitillä yhteen suuntaan.

Kontaktihiili

Virroittimessa oleva hiili, joka on kosketuksessa ajolankaan, ja jonka tulisi kulua ajon aikana tasaisesti.

Kriittinen nopeus

Käännepiste, jossa pyörästä kiskoon aiheutuvan dynaamisen kuormituksen pienentyessä, nopeus alkaa kasvaa.

Kääntöorsi

Pylvääseen tai vastaavaan kannatusrakenteeseen kiinnitetty, eristimillä varustettu ajojohdinta kannattava rakenne, joka pääsee kääntymään vaakatasossa.

Lovipyörä

Junan pyörä, johon on aiheutunut lovi lukkiutuneen pyörän liukuessa kiskolla.

Neutraaliakseli

Taso, joka leikkaa kiskon poikkileikkauksen pinta-alan painopisteen kohdalla vaakasuunnassa.

Paluujohdin

Paluuvirtaa varten oleva johdin, joka liitetään paluukiskoon jokaisen imumuuntajavälin keskivaiheilla.

Paluuvirtakisko

Paluuvirtatien osana toimiva metallisesti yhtenäinen ratakisko.

Paluuvirtatie

Osa sähköradan virtapiiriä, jota pitkin virta palaa kuormitus- tai vikapaikasta syöttöasemalle.

TEN-verkko (Trans-European Networks)

TEN-verkoksi kutsutaan koko Euroopan kattavaa liikenneverkkoa, johon kuuluu noin 80 000 kilometriä rautateitä.

Virroitin

Osa, jonka kautta sähköveturi- tai juna ottaa ajolangasta tehoa.

1 JOHDANTO

Ratahallintokeskus aikoo hankkia Suomen rautateiden runkoverkolle valvontalaitteita, joiden tarkoitus on tarkkailla liikkuvan junakaluston pyörien kuntoa. Junien pyörien säännöllisillä tarkastuksilla voidaan ennaltaehkäistä viallisten pyörien aiheuttamia mahdollisia vaaratilanteita liikenteessä. Pyörien säännöllisestä tarkastamisesta on myös hyötyä kiskojen käyttöiän seurannassa. Kiskon elinkaarta voidaan pidentää, kun runkoverkolla liikennöivistä junista karsitaan sellaiset vaunut, joissa esiintyy viallinen, kiskoa väärin kuormittava pyörä. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää optimaaliset sijaintipaikat pyörävoimailmaisimille Suomen runkoverkolla asiantuntijahaastattelujen ja kirjallisuustutkimuksen avulla.

Tässä tutkimuksessa on myös esitys virroitinvalvonnan järjestämisestä Ratahallintokeskuksen runkoverkolla. Viallinen virroitin saattaa aiheuttaa ylimääräistä rasitusta ajolankaan, jonka seurauksena ajolanka voi katketa aiheuttaen liikenneturvallisuusriskin, sillä ajolangassa on 25 kV:n jännite. Virroittimien säännöllisellä seurannalla voidaan ennakoida mahdollisten vaaratilanteiden synty ja ennaltaehkäistä niiden kehittymistä. Viallisen virroittimen korjauskustannukset ovat alhaisemmat kuin sen aiheuttamat mahdolliset vahingot. Sekä pyörien että virroittimien valvontalaitteiden sijoittamisella runkoverkolle on kokonaisuudessaan tarkoitus lisätä liikenneturvallisuutta Suomen rataverkolla.

Lovipyörä on junan pyörävikatyyppi, joita Suomen junakalustosta havaitaan vuosittain noin 1700 kappaletta (VR Oy Pieksämäen konepaja 2007). Junakaluston pyörissä havaittavat lovet voivat aiheuttaa pahimmassa tapauksessa vakavan onnettomuuden, jos vaunu viallisen pyörän vaikutuksesta suistuu pois radalta. Lovipyörät saattavat aiheuttaa kiskoon myös vaurioita, joiden korjaamisesta aiheutuu mittavia kustannuksia. Tämän lisäksi lovipyörät voivat aiheuttaa sekä kuorma- että kalustovaurioita. Pyörävoimailmaisimeksi kutsutaan mittalaitetta, joka asennetaan raiteeseen, ja joka mittaa pyörästä kiskoon aiheutuvia voimia. Viallinen pyörä voidaan havaita sen liikkeessä pyörävoimailmaisimen ylitse, sillä viallinen pyörä kuormittaa kiskoa ja aiheuttaa kuormituspiikin. Pyörävoimailmaisimien aiheuttaa hälytyksen, jos ilmaisimen ylittävässä pyörässä on raja-arvot ylittävä lovi, murtuma tai särö. Ilmaisimesta saatujen tulosten avulla voidaan havaita mahdolliset lovet tai muut kulkupinnan viat pyörissä. Mittauslaitteista lähtevät hälytykset on porrastettu eri vakavuustasoihin riippuen loven suuruudesta. Tavallisesti junalla voi ajaa lievän hälytyksen jälkeen suhteellisen kauan verrattuna vakavaan hälytykseen. Vakavan hälytyksen sattuessa juna on ajettava seuraavan liikennepaikan sivuraiteelle, jossa viallinen kalustoyksikkö tarkastetaan ja mahdollisesti jopa irrotetaan junasta. Ilmaisimien tarkoituksena on hälyttää pyörävioista, jotta voidaan tehdä tarpeelliset toimenpiteet mahdollisten vaaratilanteiden ennaltaehkäisemiseksi.

Suomessa junakaluston pyörien kuntoa arvioidaan nykyisellään aistinvaraisesti. Juna on myös pysäytettävä seuraavalla pysähdyspaikalla, jolloin loven suuruus mitataan. Vaunuyksikkö on poistettava, jos pyörässä todettavan loven pituus on liian suuri. Valvonnan lisäksi junan kuljettajalla on vastuu tarkastaa junan pyörät. Muissa Euroopan maissa, kuten esimerkiksi Norjassa ja Ruotsissa, rataverkolle on asennettu pyörävoimailmaisimia, ja tätä modernia tekniikkaa on tarkoitus myös soveltaa Suomen runkoverkolla.

Pyörävoimailmaisimien laitevalmistajia on useita. Runkoverkolle asennetaan mittalaitteita, jotka kestävät pohjoiset olosuhteet. Laitteiden täytyy pystyä mittaamaan kuormituslaskelmien lisäksi vaunujen akselipainoja, jotta saadaan tieto runkoverkolla liikkuvista tonnimääristä. Suomeen on tarkoitus saada modernia, älykästä rautatieliikennettä, jonka vuoksi valvonnan on tapahduttava tehokkaasti. Myös rautateihin kuuluvien komponenttien täytyy olla mahdollisimman tehokkaita rautatien jokaisessa elinkaaren vaiheessa, jotta tavoitteeseen voidaan päästä. Tämän vuoksi ilmaisimen laitetyypin valinnalla on merkitystä. Laitteen täytyy olla mahdollisimman toimiva ja sen käytettävyydestä tulee olla tarpeeksi tietoa. Tällä hetkellä ei ole vielä tietoa, minkä ilmaisimen laitetyypin Ratahallintokeskus aikoo hankkia runkoverkolle, mutta vaihtoehtoina on hankkia ilmaisimia, jotka pohjautuvat joko laseriin, voima-antureihin tai kiihtyvyyssantureihin. Tämän lisäksi on mahdollista valita joko siirrettäviä tai kiinteitä ilmaisimia. On mahdollista, että Ratahallintokeskus hankkii kahta eri ilmaisintyyppiä Suomen verkolle. Raja-asemilla toimii sellainen ilmainen, joka mittaa viat junan liikkeessä alhaisilla nopeuksilla, kun taas muulle verkolle soveltuvat vain sellaiset laitteet, jotka toimivat myös tavanomaisella linjanopeudella.

Virroittimeksi kutsutaan veturin yläpuolella sijaitsevaa osaa, jonka kautta sähköveturi- ja juna ottavat tehonsa. Vetureiden virroittimissa voi esiintyä vaurioita (esimerkiksi murtumia), jotka saattavat aiheuttaa kalliita tuhoja ajolangalle. Veturin liikkeessä rataverkolla eteenpäin virroitin ja ajolanka koskettavat koko ajan toisiaan. Virroittimen kontaktihiili voi junan liikkeessä kulua epätasaisesti, jonka seurauksena virroittimesta tulee viallinen. Vaurioituneesta virroittimesta voi aiheutua ylimääräistä rasitusta ajolankaan, jonka seurauksena ajolanka voi katketa.

Suomessa havaittiin vuonna 2006 yhteensä 20 kappaletta ajolankojen ratajohtovauriota, joista osa johtui vaurioituneiden virroittimien aiheuttamista rasituksista (RHK 2007c). Vioittuneista virroittimista aiheutuvien vikojen korjauskustannukset voivat kasvaa suuriksi, jonka vuoksi tehostettu vetureiden virroitinvalvonta on tarpeen. Yhden vaurioituneen virroittimen korjaaminen aiheuttaa kustannuksia enemmän kuin itse virroitinvalvontajärjestelmä. Suomen rataverkko kuvataan vuosittain omalla järjestelmällä, mutta virroitinvalvontaa ei ole käytössä. Sen sijaan Ruotsissa on käytössä virroittimien kuvausjärjestelmä, jonka tarkoituksena on monitoroida virroittimia eri rataverkon pisteissä, joiden kautta kulkee kattava osuus vetureista. Tällainen kuvausjärjestelmä on tarpeellinen sijoitettavaksi myös Suomen runkoverkolle.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimus jakaantuu kirjallisuusselvitykseen ja teoreettiseen osuuteen. Kirjallisuusselvityksessä materiaalina hyödynnetään sekä ulkomaista että kotimaista kirjallisuutta. Ulkomaista kirjallisuutta käytetään mittalaitteiden toiminnan selvittämiseen. Kotimaista kirjallisuutta käytetään lähteenä lovipyörien syntymisen ja pyörävikojen nykyisten havaintokeinojen selvittämisessä. Eri pyörävoimailmaisimien laitevalmistajien verkkosivuilta kerätään tietoa itse mittalaitteista. Kirjallisuusselvityksen lähdemateriaalina käytetään myös pyörävoimailmaisimien laitevalmistajien mittalaitteiden esitteitä. Laitteiden esitteet ovat tavallisesti hyvin pintapuolisia, sillä mainosesitteissä ei ole lueteltu mittalaitteiden vikoja tai mahdollisia puutteita.

Teoreettisen osuuden tutkimusmenetelmäksi valitaan kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä. Tutkimuksessa esitellään kappaleessa 4 junakaluston kierto, johon aineisto on kerätty avoimien haastattelujen avulla. Avoimissa haastatteluissa haastateltavat saivat tuoda ajatuksiaan ja tuntemuksiaan esiin spontaanisti, omin sanoin ja omilla ehdoillaan. Haastateltavat henkilöt valittiin asiantuntemuksen perusteella. Asiantuntijahaastatteluista saatuja tietoja hyödynnetään lopputuloksen määrittämisessä. Kalustokierron selvittämisessä haastateltiin liikennöitsijän eli VR:n viittä eri kalustokiertovastaavaa. Heillä on tarkat tiedot liikennöitsijän edustajina junien liikkumisesta rataverkolla. Haastattelujen tarkoitus on saada heiltä informatiivista tietoa, jonka perusteella itse työ eli pyörävoimailmaisimen sijaintipaikkojen optimointi on mahdollista tehdä.

Tässä työssä kvalitatiivinen menetelmä soveltuu paremmin sijoitusongelman ratkaisumenetelmäksi kuin matemaattinen optimointi. Liikennöitsijä laskee junakaluston kierron ja huoltovälit tietokoneohjelmalla, jonka vuoksi matemaattisesta optimoinnista ei olisi ollut käytännön hyötyä. Ohjelma määrittää kalustolle reittejä päivittäin. Kvalitatiivista menetelmää käyttäen voidaan huomioida rataosuuksien kapasiteetin käytön, tavara-liikenteen tonnimäärien ja henkilöliikenteen matkamäärien lisäksi muita ilmaisimien sijoittelukriteereitä, joita ovat liikennepaikkojen mitoittavat raidepituudet, kuumakäynti-ilmaisimen sijaintipaikat sekä riittävät hälytyksen sattuessa vaunuyksien vaihtotyöhön vaadittavat henkilöresurssit. Riippumatta siitä, kuinka hyvin junaliikenne saataisiin mallinnettua, joudutaan joka tapauksessa nämä asiat huomioimaan erikseen. VR:n asiantuntijoiden mukaan sijoitteluratkaisun muodostamisessa tulee käyttää matemaattisen mallinnuksen sijaan ”rautatiejärkeä”.

Utissa sijaitsee pyörävoimailmaisimen prototyyppi, jonka toiminnasta keskusteltiin tekniikan ylioppilaan Otto Lahden kanssa. Diplomityön aikana tutustuttiin Utissa sijaitsevan mittalaitteen prototyyppin käyttöliittymään sekä itse laitteeseen maastossa. Mittalaitteen on kehittänyt Tamtron Systems Oy.

Tutkimuksessa hyödynnetään myös sähköpostihaastatteluja. Banverketin yhteyshenkilöltä on saatu materiaalia ja selvityksiä pyörävoimailmaisimien sijoittelusta Ruotsin rataverkolla.

Taustatutkimuksena teoreettiselle osuudelle ja optimoinnille selvitetään sopivat liikennepaikat, joiden läheisyyteen ilmaisimet voidaan sijoittaa. Liikennepaikat valitaan mitoittavan raidepituuden perustella. Sopivat liikennepaikat taulukoidaan. Sijoittelussa otetaan huomioon, että ilmaisimien sijaintipaikkojen tulisi olla lähellä merkittäviä

liikennepaikkoja, joissa on mahdollista suorittaa vaunuyksikön tarkastaminen akuutin hälytyksen sattuessa.

Itse työ tehdään valitsemalla ensin liikenteellisesti merkittävät kohdat runkoverkolta. Nämä kohdat valitaan radalla liikkuvien tonnimäärien perusteella. Tonnimäärät suhteutetaan asiantuntijahaastatteluilla selvitettäviin vaunu- ja veturikiertoihin. Sijoittelussa hyödynnetään vakioaikatauluja noudattavien tavar- ja henkilöliikenteen kulkureittejä. Tavaraliikenteen junien vakioaikataulu on suuntaa antava lähde eri yritysten ja toimijoiden kuljetuksien vaunukiertojen osalta. Aikataulujen avulla saadaan tietoa, millä reiteillä kalusto liikkuu verkolla. Tämän lisäksi VR:n asiantuntijoiden antamia tietoja vaunujen liikkumisesta verkolla hyödynnetään tutkimustuloksissa.

Sijoitteluongelman ratkaisu ei ole täysin eksakti. Tavaraliikenteen kysyntään vaikuttavat yritysten ja tehtaiden markkinasuunnitelmat sekä taloudellinen tilanne, minkä vuoksi liikenteen kysyntä voi muuttua. Liikenne on kausiluonteista ja sen kasvu on sidottuna valtion talouskasvuun. Tässä tutkimuksessa sijoitteluongelman ratkaisun muodostamisessa käytetään vuoden 2006 henkilömatka- ja tavaraliikenteen tonnimääriä. Rautatieliikenne kehittyi koko ajan, jonka vuoksi sijoittelua ei voida peilata ainoastaan tämän hetkiseen tilanteeseen.

Työssä esitetään kaksi erilaista mallia sijoitteluongelman ratkaisuksi. Ensimmäinen malli sisältää esityksen 12 kiinteästä pyörävoimailmaisimesta, jotka sijoitetaan paikkoihin, joissa ilmaisimet ovat välttämättömät sekä kattavat valtaosan rataverkolla liikkuvista vatureista ja henkilö- ja tavaraliikenteen junista. Toinen malli on esitys kiinteistä ja siirrettävistä pyörävoimailmaisimista. Siirrettävillä ilmaisimilla voidaan täydentää kiinteiden ilmaisimien mallia. Kiinteän ilmaisimen asentaminen rataverkolle ei ole kannattavaa sellaisille rataosuuksille, joissa tonnimäärien perusteella liikkuu jonkin verran tavaraliikennettä, mutta ei yhtään henkilöliikennettä. Tällaiseen paikkaan voidaan sijoittaa siirrettävä ilmaisin, jonka etuna on se, että sen sijaintia voidaan vaihdella vähäliikenteellisten rataosuuksien väleillä tietyin väliajoin. Vielä ei ole selvää asennetaanko Suomen verkolle pelkästään kiinteitä ilmaisimia vai sekä siirrettäviä että kiinteitä ilmaisimia.

Työn kolmannessa mallissa esitellään, miten ilmaisinverkkoa täydennetään tulevaisuuden näkymät huomioon ottaen. Verkon täydennys on mahdollista, kun ilmaisimien laitetyyppi ja sen toimintavarmuus tunnetaan.

Vetureiden kierto runkoverkolla on määräävä tekijä virroittimien valvontajärjestelmän sijoittelupaikkojen muodostamisessa. Vetureiden kierron selvittämiseksi haastateltiin VR:n vetovoimayksikön päällikköä. Kuvausjärjestelmän sijoitteluongelman ratkaisu on melko yksikäsitteinen, sillä sähköveturit kiertävät samoilla alueilla miltei aina saman pisteen kautta. Virroittimien valvontajärjestelmästä saatava etu on merkittävä, sillä yksi kuvausjärjestelmä maksaa huomattavasti vähemmän kuin yhden veturin virroittimen kunnostaminen. Kuvausjärjestelmä maksaa siis itsensä takaisin käytössä. Tässä työssä esitetään kaksi virroittimen valvontajärjestelmän sijoituspaikkaa, joiden kautta sähköveturit kiertävät.

3 JUNAKALUSTOSTA RATAAN VAIKUTTAVAT VAURIOTYYPIT

3.1 Lovipyörät

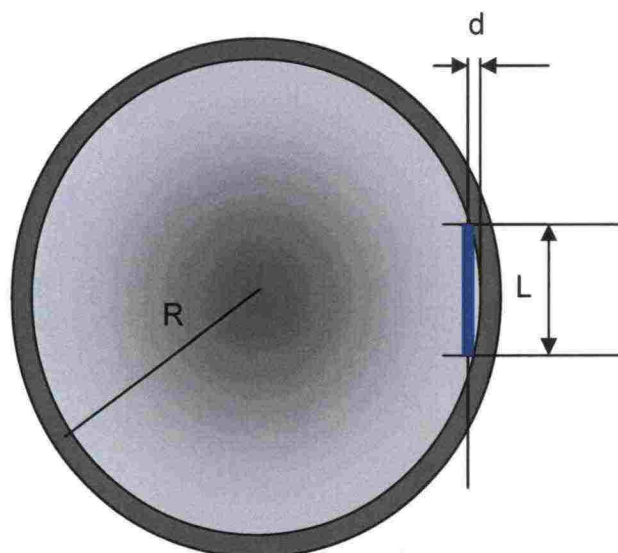
3.1.1 Lovipyörien tunnuspiirteet

Yhtä yleisimmin tunnettua junan kaluston pyörävikaa nimitetään lovipyöräksi. Tällä tarkoitetaan pyörää, jonka kosketuspintaan on lukkiutuneen pyörän liukumisen seurauksena syntynyt tasainen kohta. Lovipyörä aiheuttaa enemmän melua ja tärinää kuin tavallinen hyväkuntoinen pyörä.



Kuva 1. Lovipyörä (Tuovinen 2007).

Lovipyörä aiheuttaa kisko-, kuorma- ja kalustovaurioita. Lovipyörä kuumentaa laakerit, josta voi seurata akselin lukkiutuminen. Akselin lukkiutuminen voi johtaa pahimmillaan vakaviin onnettomuuksiin ja ratavahinkoihin (Tamtron Systems Oy 2007). Pahimmassa tapauksessa lovipyörä voi aiheuttaa jopa junan suistumisen raiteeltaan. Verkolle asennettavien valvontalaitteiden tarkoituksena on ennaltaehkäistä onnettomuuksia ja vahinkoja, joita lovipyörät saattavat aiheuttaa. Kuvassa 2 on esitetty lovipyörän pituuden ja syvyyden riippuvuus.



Kuva 2. Lovipyörän pituuden ja syvyyden välinen riippuvuussuhde.

Loven pituuden ja syvyyden välillä vallitsee riippuvuus (Lehtomäki 2001):

$$d = R - \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}L^2}, \quad (1)$$

missä d on loven loven syvyys (mm)
 R on pyörän säde (mm)
 L on loven pituus (mm)

Sm3-vaunun pyörän halkaisija on noin 890 mm. Junan pyörän loven pituus saa olla enintään 45 millimetriä ennen kuin toimenpiteisiin kaluston kunnostamiseksi ryhdytään (RHK 2008).

$$d = 445\text{mm} - \sqrt{(445\text{mm})^2 - \frac{1}{4}(45\text{mm})^2} = 0,5691842\text{mm} \approx 0,60\text{mm}$$

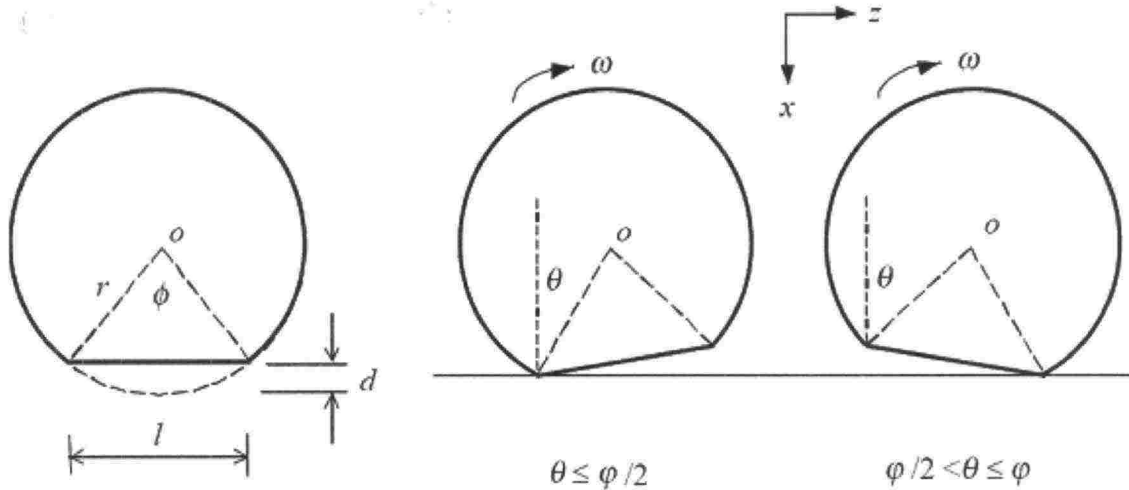
Kaavan 1 mukaan junan pyörän halkaisijan ollessa 890 mm loven syvyys saa olla enintään 0,60 mm.

3.1.2 Lovien synty ja vaurion eteneminen

Lovet syntyvät lukkiutuneen pyörän liukuessa kiskon liukupinnalla. Lukkiutumiseen voi olla syynä alhainen kitka pyörän ja radan välillä sekä huonosti säädetyt, jäätyneet tai vialliset jarrut. Yhden loven syntymisen lisäksi on mahdollista, että pyörään syntyy sarja pienempiä lovia. Tämä tapahtuu silloin kun pyörä lukkiutuu ja vapautuu toistuvasti hyvin lyhyessä ajassa. (Lehtomäki 2000.)

Lukkojarrutuksessa pyörän ja kiskon kosketuskohdassa absorboituu lämpöä suurella teholla. Osa lämmöstä siirtyy kiskoon ja osa pyörään. Kisko ei kuitenkaan lämpene, koska vaikutuspiste kiskossa siirtyy koko ajan eteenpäin. Sen sijaan pyörä lämpenee kosketuskohdasta nopeasti. Lämmennyt loven kohta jäähtyy kuitenkin nopeasti lämmön johtuessa

pyörän muihin kylmiin osiin. Nopea lämpötilan lasku saa aikaan hauraan rakenteen loven kohdalle. Pyörän rotaatiosta aiheutuva dynaaminen kuormitushuippu loven kohdalla ja hauras rakenne voivat aiheuttaa murtuman pyörässä. Murtumat voivat ulottua jopa 15 millimetrin syvyyteen alkuperäisestä kulkupinnasta mitattuna. Ajon aikana murtumat voivat kasvaa ja uusia murtumia voi syntyä. (Lehtomäki 2000.)

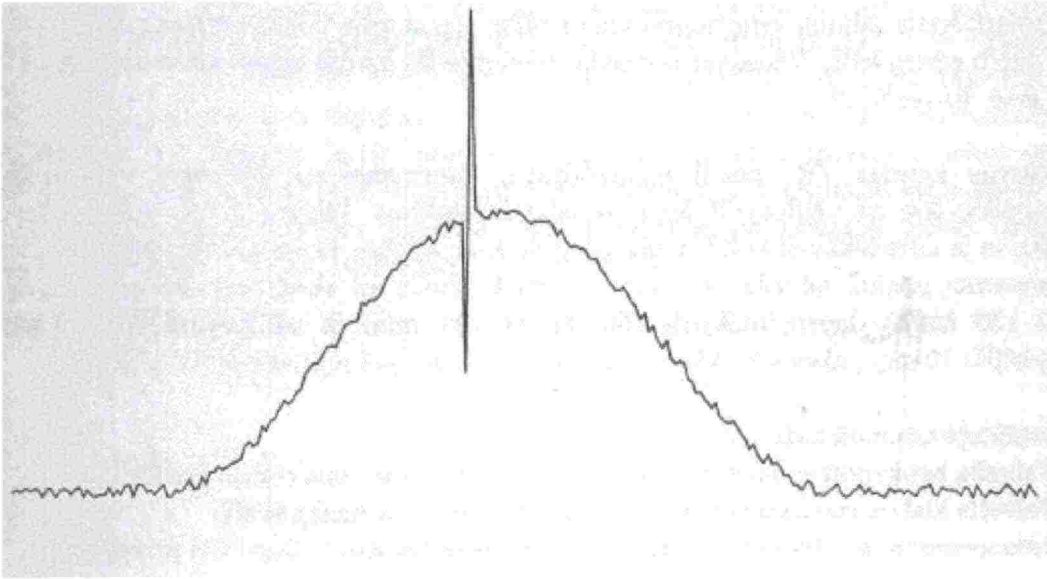


Kuva 3. Lovipyörän eteneminen kiskolla (Wu & Thompson 2001).

Jokainen radalla liikkuva pyörä aiheuttaa kuormituksen jonkin kiskossa olevan epäsäännöllisyyden kohdalla, kun taas lovipyörä aiheuttaa jatkuvan kuormituksen satunnaisissa kohdissa edetessään kiskolla (Lehtomäki 2000.) Kuvassa 3 näkyy idealisoidun lovipyörän eteneminen kiskolla. Kun loven ensimmäinen kontaktipiste osuu kiskoon, pyörän rotaatioliike jatkuu tämän pisteen suhteen kunnes lovi on vaakatasossa. Tällöin loven toinen pää osuu kiskoon aiheuttaen tähän iskumaisen voiman. (Wu & Thompson 2001.)

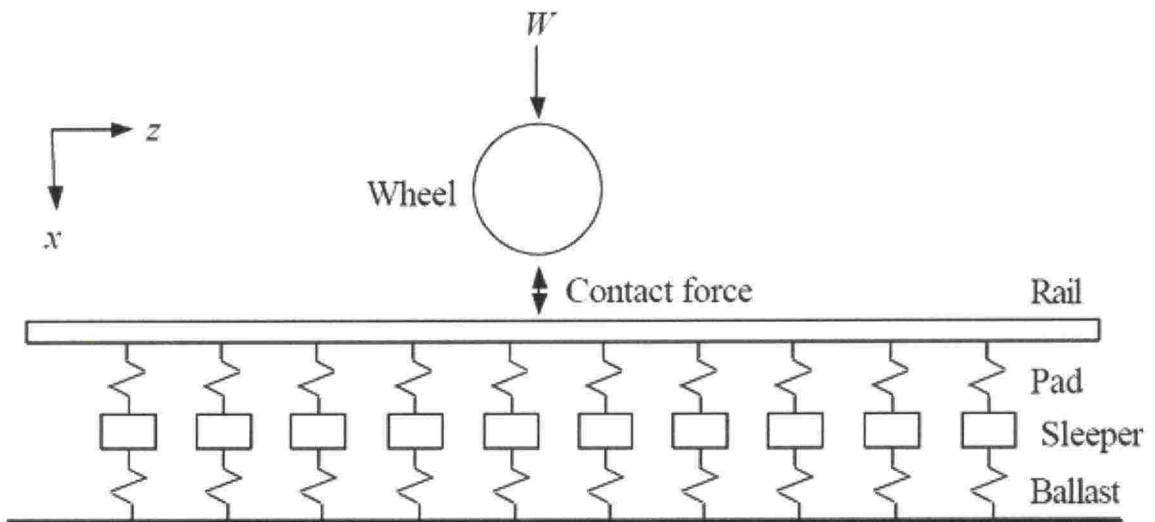
Käytännössä lovipyörä ja kisko ovat hetkellisesti ilman kontaktia, jolloin kuvainnollisesti kisko "nousee" ja pyörä "putoaa". Kisko "nousee", koska pyörä on painanut kiskoa alaspäin ennen ilmarakoa. Pyörän "pudotessa" takaisin kiskoon seuraa isku. Pystykiihtyvyydet sekä kuormitus kasvavat nopeuden mukana. Kun juna on saavuttanut tietyn nopeuden, lovipyörä ja kisko eivät ehdi lähestyä toisiaan niin nopeasti, että isku tapahtuisi. Tuolloin pyörän ja kiskon väliin jää hetkellisesti ilmarako. Tästä seuraa, että dynaaminen kuormitus alkaa pienentyä nopeuden kasvaessa. Tällaista nopeutta kutsutaan lovipyörän kriittiseksi nopeudeksi. Kriittisen nopeuden jälkeen iskuvoima tasaantuu tai laskee hieman. Kun nopeus jälleen kasvaa, iskuvoima kääntyy nousuun. (Lehtomäki 2000.)

Loven syvyyden kasvaessa iskuvoima kasvaa jyrkästi. Iskuvoiman suuruus riippuu nopeuden lisäksi ratarakenteen joustavuudesta. Joustavin kohta radassa on ratapölkkyjen puolella välissä ja jäykin kohta ratapölkyn kohdalla. Pyörän ja radan kosketuskohdassa esiintyvän voiman aikafunktiosta voidaan havaita loven aiheuttama kuormituspiikki (kuva 4), kun lovi osuu tarkastelujaksolle. (Lehtomäki 2000.)



Kuva 4. Lovipyörän aiheuttama kuormituspiikki (Lehtomäki 2000).

Lovella ei pelkästään ole vaikutusta pyörään, vaan lovi vaikuttaa myös kiskoon. Kuvassa 5 on esitetty hyväkuntoisen pyörän vaikutus kiskoon (Wu & Thompson 2001.) Kiskoa voidaan kuvata jousena, jolla on tietty jousivakio ja vaimennus.



Kuva 5. Pyörän vaikutus kiskoon (Wu & Thompson 2001).

Lovipyörä aiheuttaa kiskossa värähtelyä. Loven alussa voima kiskon ja pyörän välillä pienenee. Kisko alkaa nousta ylöspäin ja pyörä laskeutua alaspäin. Loven puolenvälin jälkeen voima kiskon ja pyörän välillä alkaa kasvaa nopeasti. Kiskossa syntyy tällöin pystysuuntaista nopeutta ylöspäin ja sen massan hitauden vuoksi syntyy voimakas impulssi kiskon ja pyörän välille. Impulssi saa kiskon liikkumaan alaspäin, jolloin hitausvoimien vuoksi voima kiskon ja pyörän välillä pienenee alle staattisen kuorman. Kisko liikkuu tämän jälkeen taas ylöspäin ja sitä seuraa uusi voimaimpulssi. Kisko värähtelee pystysuunnassa. Värähtely kuitenkin vaimenee nopeasti. (Lehtomäki 2001.)

3.1.3 Pyörävikojen valvonta

Suomessa lovipyörien tunnistaminen tapahtuu aistinvaraisesti kuulo- ja näköhavainnoilla. Jos pyörässä havaitaan lovi, se on myös mitattava (RHK 2008). Aistinvaraisia tarkastuksia tehdään sekä raja-asemilla että kotimaisella verkolla. Venäjän ja Suomen raja-asemilla venäläiset vaunuyksiköt irrotetaan ja käännytetään takaisin Venäjän puolelle, jos niissä havaitaan raja-arvot ylittävä lovi. Lovipyörät eivät silti ole ainoastaan Venäjältä tulevien vaunujen ongelma, vaan viallisia pyöriä on myös kotimaisessa kalustossa.

Vialliset pyörät kunnostetaan sorvaamalla. Suomessa sorvattiin aikavälillä 1.1–30.6.2007 noin 7030 pyörää, joista 1493 oli lovipyöriä. Pyörien tavallisia epäpyöreyyksiä ei ole tilastoitu. (VR Oy Pieksämäen konepaja 2007.)

Tällä hetkellä Suomessa on käytössä Ratahallintokeskuksen laatima Rataverkon kuvaus, joka julkaistiin 7.1.2008. Rataverkon kuvauksen mukaan junan pyörässä havaittu lovi on mitattava heti havaitsemisen jälkeen seuraavalla pysähdyspaikalla. Lovipyörisen kaluston kuljettaminen on julkaisun mukaan edelleen sallittua seuraavilla ehdoilla:

- a) Jos loven pituus on enintään 45 mm, ei toimenpiteitä.
- b) Jos loven pituus on 46...60 mm ja ulkoilman lämpötila alle -10 °C, suurin ajonopeus on 10 km/h. Lämpötilan ollessa -10 °C tai yli ei nopeusrajoitusta, nopeusaluetta 20...45 km/h on kuitenkin vältettävä. Pyöräkerta on vaihdettava seuraavalla varikko-asemalla.
- c) Jos loven pituus on 61...80 mm, suurin nopeus on 10 km/h. Pyöräkerta on vaihdettava seuraavalla varikkoasemalla.
- d) Jos loven tai lovien yhteinen pituus on yli 80 mm, pyöräkerta on vaihdettava sillä liikennepaikalla, missä lovi mitataan.
- e) Jos loven pituus on ylitaskaassa vaunussa yli 45 mm, vaunu on pyrittävä vajauttamaan lähimmällä liikennepaikalla tai vaunu on kuljetettava enintään 10 km/h nopeudella lähimmälle varikkoasemalle. (RHK 2008.)

3.2 Modernin teknologian käyttö lovipyörien valvonnassa

3.2.1 Mittalaitteiden tekniikka

Eri laitevalmistajat tarjoavat lukuisia vaihtoehtoja lovipyörien havainnointiin ja mittaamiseen. Nämä laitteet jakautuvat kolmeen eri mittaustekniikkaan: kiihtyvyyssantureihin, voima-antureihin ja laseriin. Mittalaitteiden perusideana on, että niiden keräämän tiedon perusteella voidaan todeta pyörän kunto. Mikään näistä mittalaitteista ei kuitenkaan kykene kertomaan kvalitatiivista tietoa lovipyörästä, kuten esimerkiksi loven syvyyttä, paksuutta ja murtumaa.

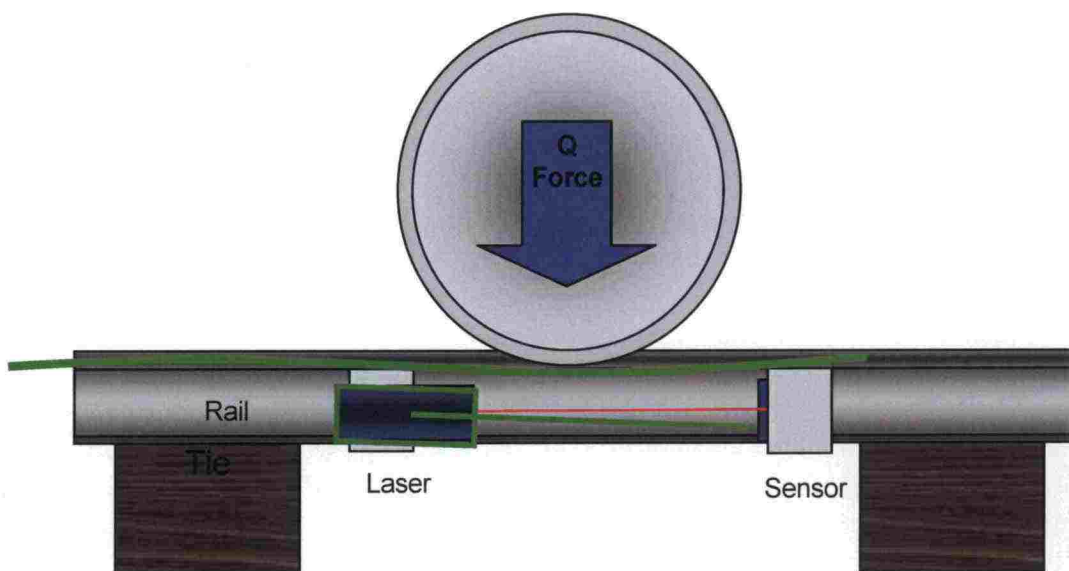
Mittalaitteiden avulla on tarkoitus tuottaa nykyistä älykkäämpää raideliikennettä, ja tavoitteena on saada mahdollisimman luotettavia laitteita asennettua Suomen rataverkolle. Mittalaitteiden luotettavuutta ja toimivuutta voidaan parantaa huoltamalla laitteita säännöllisesti. Mittalaitteiden käyttö pyörän tarkastamisessa on perusteltua, sillä huollettu pyörä toimii noin 25–40 % kauemmin kuin huoltamaton pyörä. Pyörävoimailmaisimien tuottaman informaation avulla vaunujen pyörille voidaan määrittää ennaltaehkäiseviä huoltotoimenpiteitä. Pyörävoimailmaisimen avulla voidaan siten pidentää vaunujen elin-

kaarta. (Bontekoe 2007). Kohdissa 3.2.2–3.2.4 on esitelty eri pyörävoimailmaisimien tekniikoita. Kohdassa 3.2.5 kerrotaan Utissa sijaitsevasta Tamtron Systems Oy:n pyörävoimailmaisimen prototyypistä.

3.2.2 Laserjärjestelmä

Lasca on pyörien tunnistusjärjestelmä, joka perustuu laserin käyttöön. Lasca-mittalaite on käytännöllinen, koska se on heti asennuksen jälkeen käyttövalmis, eikä sitä tarvitse poistaa kunnossapidon tai huoltotoimenpiteiden ajaksi. Järjestelmän keräämät mittaustulokset tarkastellaan päätteeltä käsin. Järjestelmässä on taattu tietoturva, jotta ulkopuoliset eivät voi käsitellä tuloksia ilman käyttöoikeuksia. Jos järjestelmässä tapahtuu jokin toimintahäiriö, siitä menee automaattisesti informaatio eteenpäin järjestelmän operaattoreille. (LeDosquet ym. 2007.)

Lovipyörästä aiheutuva kuormitus aiheuttaa taipuman rataiskolla. Taipuman suuruus on riippuvainen pyörän aiheuttamasta voimasta ja sen asemasta suhteessa sensoreihin. Nolla-asemaksi kutsutaan sitä asemaa, jossa laser osoittaa kohtisuoraan sensoriin. Kiskon taipuman aikana laserin kohtauspiste sensorilla poikkeaa nolla-asemasta ja tämä poikkeama mitataan. Sensoreilla havaitut tulokset esitetään tietokoneella. Järjestelmä tunnistaa automaattisesti ylittävän junan ja arvioi kaluston kunnan. Laite ilmoittaa väreillä, missä kunnossa kalusto on. Värien merkitykset on esitetty taulukossa 1. Luotettavia mittauksia saadaan kuormituksen ollessa vähintään 100 N. Kuormitukselle ei ole asetettu ylärajaa mittauksien luotettavuuden kannalta, sillä jopa 100 kN:n voima käyttää ainoastaan 10 % vapaana olevasta mitta-alueesta. (LeDosquet ym. 2007.) Kuvassa 6 on esitetty Lasca-sensoreiden toimintaperiaate. (Hesser 2006.)



Kuva 6. Lasca-sensoreiden toimintaperiaate (Hesser 2006).

Sensorit asennetaan kahden ratapölkyn väliin. Täydellinen mittaussyksikkö sisältää 2 x 6 sensoria. Jos kuusi mittauspistettä asetetaan molemmille puolille rataiskoa peräkkäisten ratapölkkyjen väliin, voidaan luoda jatkuva neljän metrin mitta-alue. (LeDosquet ym. 2007.)

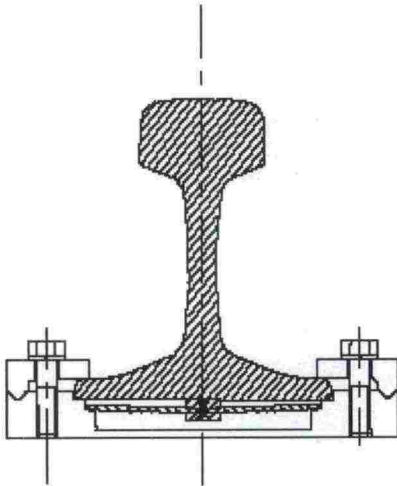
Taulukko 1. Lasca-järjestelmässä käytetyt värit (LeDosquet ym. 2007).

Väri	Pyörän kunto
Vihreä	Pyörä on kunnossa
Keltainen	Pyörä on kunnossa, mutta sitä on tarkkailtava
Punainen	Pyörä ei ole kunnossa
Violetti	Välitön, kriittinen junan pysäytys

3.2.3 Kiihtyvyyssanturijärjestelmä

Lovipyörästä kiskoon aiheutuva isku saa kiskossa aikaan kiihtyvyyden, jota voidaan mitata kiihtyvyyssantureilla. Kiskon kiihtyvyyden suuruus riippuu loven koosta ja junan nopeudesta. (Papadopoulos ym. 2001.)

Lovipyörien tunnistamista kiihtyvyyssantureilla on kokeiltu mm. Kreikassa. Kiihtyvyyssanturit asennetaan rataiskkon alimmalle pinnalle peräkkäisten ratapölkkyjen väliin (kuva 7). Kiihtyvyyssanturijärjestelmä toimii siten, että laite tallentaa kiihtyvyyden amplitudit ja muuntaa ne tarkasteltavaan muotoon ja tuloksia tarkastellaan tietokonenäytöltä. Pääteelle tulostuvista kuormituspiikeistä voidaan päätellä pyörän kunto. (Papadopoulos ym. 2001.)



Kuva 7. Kiihtyvyyssanturi asennettuna rataiskkon alimmalle pinnalle (Bracciali ym. 2002).

3.2.4 Voima-anturijärjestelmä

Wheel Impact Load Detector (WILD) on Isossa-Britanniassa käytetty voima-anturijärjestelmä, joka muodostuu kuormituksen tunnistavista sensoreista, prosessoreista ja keskusyksiköstä. Järjestelmällä mitataan iskukuormituksia, joita lovipyörät aiheuttavat. Pyörän kuormitukset mitataan voima-antureilla, jotka tunnistavat kuormituksesta aiheutuvan venymän. Voima-anturit on sijoitettu kiskon neutraaliin akseliin. Kiskon neutraalilla akselilla tarkoitetaan akselia, joka sijaitsee kiskon poikkileikkauksen pinta-alan painopisteen kohdalla koko kiskolla. Järjestelmä mittaa rataiskolla etenevien pyörien pystysuuntaisten voimien suuruutta. Jos voimien suuruus on yhtä suuri kuin paino raiteella, pyörä todetaan hyväkuntoiseksi. Jos voima on suurempi kuin paino raiteella, pyörästä aiheutuu automaattisesti hälytys ja ongelmakohta paikannetaan. Informaatio käännetään tulkittavaksi dataksi analyyseja varten ja huonokuntoiset pyörät tunnistetaan. (Than 2003.)

Toinen voima-anturiin perustuva tunnistusmenetelmä on WheelChex, jonka tarkoitus on myös tunnistaa pyörän pystysuuntaiset kuormitukset. Järjestelmästä saatavat tulokset ovat luotettavia junan nopeuden ollessa 25–240 km/h. Kuormituksia mittaavat mittalaitteet sijoitetaan ratapölkkyjen väliin. Jokaisesta junasta määritetään keski- ja huippukuormitus. Data siirretään valvomoon tarkastettavaksi. Raja-arvot ylittävät kuormitukset aiheuttavat hälytyksen valvomossa. Valvomosta lähetetään viesti eteenpäin, jotta junan pyörä saadaan välittömästi tarkastettua. (Than 2003.)

Hollannissa on käytössä voima-antureihin perustuva GOTCHA-järjestelmä, joka perustuu liikkuvan junan punnitukseen (Weighing In Motion) ja junan vikojen tunnistukseen (Wheel Defect Detection). Järjestelmä eroaa muista voima-anturijärjestelmistä tag-komponentin vuoksi. Tag-järjestelmä toimii siten, että jokaiseen vaunuun asennetaan tunnistin, jonka rataa asennettava anturi pystyy lukemaan (tag-reader). Tunnisteen avulla voidaan identifioida tarkalleen ne pyörät, joissa on pyörävikoja. Järjestelmän etuna on, että junan ajaessa ilmaisimen yli, saadaan tietopankkiin kerätyn tiedon avulla vertailtua kaluston kuntoa ja ajoittaa vaunujen huoltoajoja sopiviksi. Tag-järjestelmän avulla saadaan yksilöityä vaunut siten, että pyörävikojen ennaltaehkäisy voidaan kohdistaa tiettyyn junaan. (Bontekoe 2007.)

Suomen rataverkolla liikkuu suhteellisen paljon venäläistä kalustoa, minkä vuoksi tag-järjestelmä ei kattaisi kaikkia Suomen rataverkolla liikkuvia vaunuja. Kotimaiset vaunut saataisiin kuitenkin tag-järjestelmän kautta poistettua ilman häiriötä hälytyksen sattuessa tai niille voitaisiin määrittää huoltoajat. (Mäkitupa 2007.)

GOTCHA-järjestelmässä on hälytystasot jaettu neljään portaaseen taulukon 2 mukaisesti:

Taulukko 2. Vaunujen huoltoväli Gotcha-järjestelmän hälytystasoissa (Bontekoe 2007).

Taso	Huoltoväli
0	ei toimenpidettä
I	60 000 km (käytännössä: ei toimenpidettä)
II	20 000 km
III	5 000 km

Taulukosta 2 havaitaan, että pyörävikaisella pyörällä voidaan ajaa vielä suhteellisen paljon jopa kakkostason hälytyksen jälkeen. Ykköstason hälytys ei vaadi käytännössä välitöntä toimenpidettä.

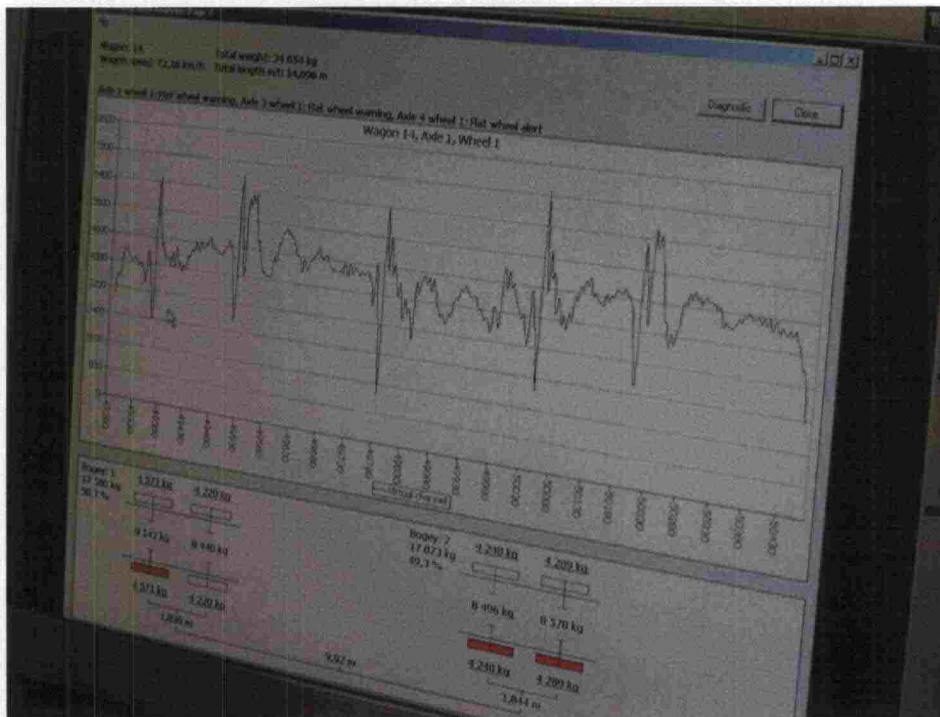
3.2.5 Utissa sijaitseva pyörävoimailmaisin

Ainoa Suomen rataverkolle asennettu pyörävoimailmaisin sijaitsee Utissa. Kyseisen pyörävoimailmaisimen on kehittänyt TAMTRON Systems Oy ja laitetta testataan Suomen rataverkolla. Utissa sijaitseva laite perustuu voima-antureiden käyttöön, sillä laite mittaa ylittävän junan pyörän ja kiskon pystysuuntaisia voimia. Anturit asennetaan molemmille puolille ratakiskoa, jonka jälkeen voidaan mitata pystysuuntaisia voimia ja tunnistaa vääristymät. Laite tunnistaa ylittävät vaunut sekä niiden akselien ja pyörien lukumäärän. (Tamtron Systems Oy 2007.)



Kuva 8. Utissa sijaitseva pyörävoimailmaisin.

Laitteen keräämää informaatiota voidaan tarkastella päätteeltä. Laite ilmoittaa junan akselipainon ja pyöräkertojen painot sekä listaa laitteen ylittäneet junat. Junien vialliset vaunut on myös listattu, jolloin vaunujen mahdollisia pyörävikoja voidaan tarkastella lähemmin. Laite ilmoittaa vaunujen painot, jolloin voidaan yleisesti tarkastella myös kiskolla liikkuvia tonnimääriä. Laitteesta saadaan yksityiskohtainen tieto viallisista vaunuista sekä vaunun viallisista pyöristä. Mahdollisten viallisten pyörien aiheuttamaa kuormituspiikkiä voidaan tarkastella päätteeltä lähemmin (kuva 9).



Kuva 9. Mittalaitteella havaittu kuormituspiikki.

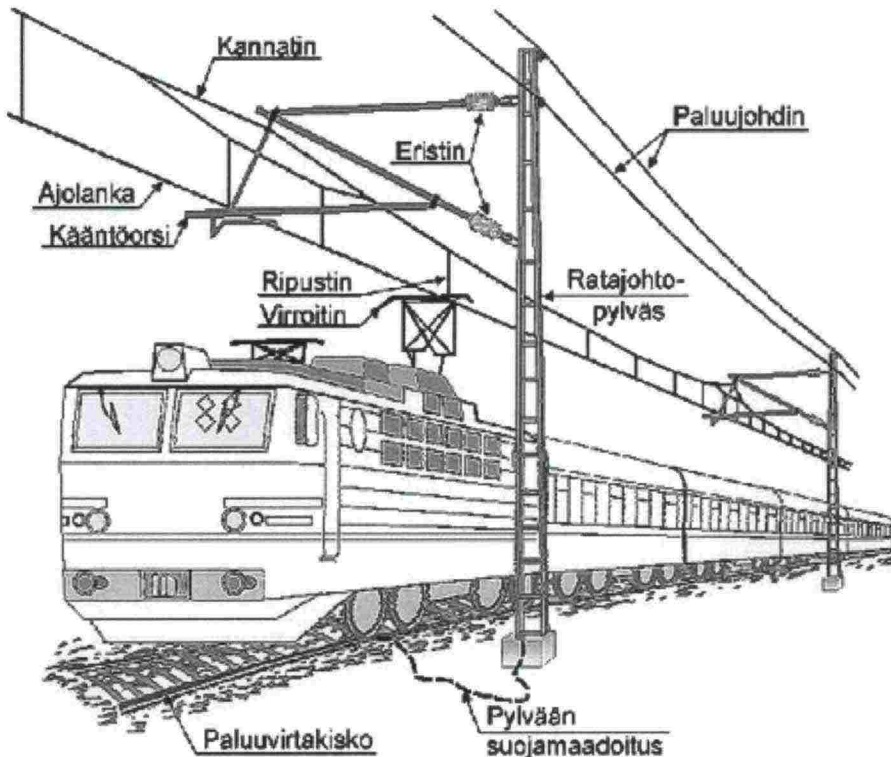
Pyörävoimailmaisimet on asennettava verkolle sellaisiin kohtiin, joissa hälytyksen sattuessa akuutti pysäyttäminen on mahdollista jo seuraavalle liikennepaikalle. Kokeilussa on käytössä 19 anturiparia, joiden avulla saadaan akselin aiheuttamat kuormituskuvaajat. Yksittäistä pyörän kuvaajaa ei prototyypistä saa irti. Käyttöliittymänä toimii Pivotek, jonka avulla tuloksia voidaan tarkastella. Ohjelma nimeltä BulkLoop kerää mittatiedot ja käsittelee ne. Junan ylitettyä mittalaitteen laite käsittelee keräämiään tietoja noin minuutin, mutta laitetta kehitetään tehokkaammaksi. Laite laskee junan keskinopeuden junan ensimmäisestä vaunusta. Laite mittaa myös akselipainon ja antaa hälytyksen akselipainon ylittäessä yli 25 tonnia. Laite toimii 5000 Hz:n taajuudella ja mittauksia voidaan saada myös nopeista henkilöjunista, mutta tuolloin mittaustuloksen luotettavuus saattaa olla heikompi. (Lahti 2007.)

3.3 Virroittimista ajolankaan kohdistuvat rasitukset

3.3.1 Junan sähköjärjestelmä

Sähköistetyn radan sähköjärjestelmään kuuluvat ratajohto, syöttöasemat ja sähköradan kaukokäyttö. Ajojohdin on ajolangan ja ajokannattimen tai vain ajolangan muodostama johdin. Ajolangaksi kutsutaan ajojohtimen alemmaa osajohdinta, josta virroitin ottaa tehoa. Virta kulkee virroittimen kautta junan sähkömoottoreihin. Paluuvirta kulkee kaluston kautta kiskoihin, joista se vedetään imumuuntimen avulla paluujohtimeen ja tätä kautta takaisin syöttöasemalle. (RHK 2004a.)

Kaikki ratajohtoon kuuluvat johtimet ja niitä kannattavat kääntöorret ovat jännitteisiä. Johtimissa on 25 kV jännite, joka on ihmiselle kosketustilanteessa hengenvaarallinen. (Oy VR-Rata Ab 2001.)



Kuva 10. Ratajohtoon osat (RHK 2007b).

3.3.2 Ajolangat

Ajojohtimen jänneväli saa olla normaalisti enintään 65...71 m pituinen. Yleisinä rajoittavina tekijöinä ovat jääkuorman aiheuttama riippuma, tuulen aiheuttama ajolangan sivuttaissiirtymä sekä virranottoon vaikuttava joustavuuden tasaisuus. (RHK 2004a.)

Ajolanka ripustetaan siksakin muotoon, jonka tarkoituksena on saada virroittimen hiili kulumaan mahdollisimman tasaisesti. Tästä syystä siksakin väli on valittava riittävän suureksi. Se ei kuitenkaan saa olla yli 40 cm. (RHK 2004a.)

Ajolankojen putoamiset ja katkeamiset johtavat tavallisesti junien myöhästelyyn ja saattavat aiheuttaa myös vaaratilanteita. Ratahallintokeskuksen tilastoista ilmenee, että ajolankojen katkeamisia sattui vuonna 2006 yhteensä 20 kappaletta. Ajolankaa tai kannatinköyttä vaihdettiin 9 500 metriä. Liikkuvasta kalustosta aiheutuvien rasitusten lisäksi syitä ajolangan putoamiseen tai vaurioitumiseen ovat puiden kaatumiset radalle, kannatinköyden katkeaminen ja ilkivalta. (RHK 2007c.)

3.3.3 Ajolankojen kuluminen

Sähkövetokaluston virroittimista kohdistuu ajolankaan rasituksia, jotka kuluttavat ajolankaa. Suomessa ajolankojen kulumista seurataan pistemäisesti ja toistuvasti kolmen vuoden välein ennalta määritetyistä paikoista huomioiden virroitintiheys. (RHK 2004a.) Taulukossa 3 on esitetty ajolangan suurinta sallittua kulumista vastaavat jäännöshalkaisijat.

Taulukko 3. Ajolangan suurinta sallittua kulumista vastaavat jäännöshalkaisijat (RHK 2004a).

Ajolanka	Huoltotoleranssi
Ajolanka 100 mm², Ø 12 mm	
– yleiskuluminen 20 %	Ø ≤ 9.2 mm
– paikallinen kuluminen 30 %	Ø ≤ 8.3 mm
Ajolanka 80 mm², Ø 10.6 mm	
– yleiskuluminen 20 %	Ø ≤ 8.1 mm
– paikallinen kuluminen 30 %	Ø ≤ 7.3 mm

Suomessa käytetään ohjeena Liikkuvan kaluston sähkömääräykset (LISO), jonka määräysten mukaan junan sähkönsyöttö järjestetään. Sähkövetokaluston virroittimesta ajolankaan kohdistuvan voiman on oltava mahdollisimman pieni, jotta kosketus ei aiheuta ylimääräisiä rasituksia ajolankaan. Virroittimen dynaamisen kosketusvoiman ajolankaan täytyy olla nostava ja maksimiarvon enintään 200 N nopeuksilla 0–200 km/h. Ratahallintokeskuksen julkaisun Liikkuvan kaluston sähkömääräysten (2003) mukaan kosketusvoiman tilastollinen minimi- ja maksimiarvo määritetään seuraavasti:

$$\begin{aligned} F_{\min} &= F_m - 3\sigma \\ F_{\max} &= F_m + 3\sigma \end{aligned} \quad (2)$$

missä F_m on virroittimen kosketusvoiman keskiarvo
 σ on virroittimen kosketusvoiman keskihajonta

Suomessa ei ole käytössä virroitinvalvontaa, mutta Oy VR-Rata Ab tarjoaa radantarkastuspalveluita, joita ovat koneellinen raiteentarkastus, ajojohtimen aseman tarkastus, ajojohtimen dynaaminen tarkastus sekä ratakuvapalvelu. Tämän lisäksi tarkastuksista tehdään raportteja ja niitä analysoidaan. RHK ja Oy VR-Rata Ab ovat tehneet sopimuksen radantarkastuspalveluista vuosille 2006–2014. Radantarkastus tapahtuu mittavaunulla. VR:lla on käytössä kaksi mittavaunua nimeltään EMMA ja ELLI. (Levomäki 2007).

EMMA-mittavaunu mittaa suurimmaksi osaksi radan geometriaa. Sen avulla saadaan tehtyä ajojohdon staattisia tarkastuksia sekä voidaan mitata ajojohdon korkeus, siksakin pituus sekä kaltevuus. EMMA-vaunun avulla saadaan käyrätuloste, virhelistaus sekä kilometriyhteenvedot, jotka arkistoidaan. EMMA-vaunun avulla ylläpidetään myös ratakuvapalvelua (RAKU), josta kautta saadaan yksityiskohtaista rataverkkotietoa. Rataverkko kuvataan vuosittain ja arkistoidaan. RAKU:n avulla saatua informaatiota voidaan hyödyntää kunnossapidossa, suunnittelussa ja rakentamisessa. Myös onnettomuustutkintakeskus voi käyttää RAKU:sta saatuja rataverkkotietoja selvityksissä. (Levomäki 2007).

ELLI-vaunu on osa dynaamista ajojohtimen mittausjärjestelmää. ELLI-vaunulla voidaan mitata virroittimen hiilen ja ajojohtimen välinen kontaktivoima, virroittimen pysty- ja pituuskiihtyvyys, ajojohtimen jännite, ulkolämpötila sekä vaunun korin pysty- ja poikittaiskiihtyvyys. ELLI:llä voidaan tehdä myös staattisia mittauksia. Sen avulla voidaan kompensoida ajojohtimen korkeus ja siksak vaunun liikkeisiin ja raideleveyteen nähden. ELLI-mittausvaunulla saadaan myös ajojohtimen laskennallinen pituuskaltevuus sekä voidaan tehdä orren tunnistus. ELLI-vaunulla voidaan ajojohtimen mittauksien lisäksi mitata myös kiskojen kuluneisuutta. (Levomäki 2007.)

3.3.4 Kuvausjärjestelmän käyttö virroittimien valvomisessa

Kuten edellä todettiin, tällä hetkellä Suomessa ei ole käytössä virroitinvalvontaa. Vaurioituneista virroittimista voi aiheutua ylimääräistä rasiutusta ajolankaan, jonka seurauksena ajolanka voi katketa. Vioittuneista virroittimista aiheutuvien vikojen korjauskustannukset voivat kasvaa suuriksi, jonka vuoksi tehostettu vetureiden virroitinvalvonta on tarpeen. Suomalaisessa vetokalustossa (Sr2:ssa, Sm3:ssa ja Sm4:ssa) on käytössä virroittinhiili, jonka sisällä on paineistettu ilmakehä (Mäkitupa 2007.) Ainakin osassa Sr1-vetureissa aiotaan ottaa kyseinen virroittinhiili käyttöön (Mäkitupa 2007.) Kontaktihiilen onntto sisus mahdollistaa paineilman vapauttamisen, jolloin ADD (Automatic Dropping Device) pudottaa virroittimen automaattisesti alas. Näin voidaan ennaltaehkäistä virroittimesta ajolankaan kohdistuvien rasiutusten aiheuttamia vikoja. Kyseinen kontaktihiili voi kuitenkin edelleen murtua ja myös ADD-järjestelmässä voi esiintyä vikoja, jonka vuoksi valvontalaitteiden käyttö on edelleen perusteltua. (Inkilä 2007.)

Ajolankojen kulumisen valvonnassa voidaan käyttää modernia tekniikkaa asentamalla sähköverkolle virroittimien kuntoa valvovia monitoreja. Virroittimien vioittumisten ehkäisystä huolimatta ajolanka kuluu käytössä ja sen kuntoa on tarkkailtava. Ruotsissa on otettu käyttöön valvontalaitteen prototyyppi, joka on asennettu Marmaan (Eriksson 2007.) Ruotsissa käytössä oleva valvontajärjestelmä toimii siten, että virroittimien kontaktihiilistä otetaan digitaalisia kuvia korkealla resoluutiolla (kuva 11). Jos kuvista ilmenee, että

kontaktihiili on lohjennut, automaattinen hälytys ilmoittaa asiasta Ruotsin Banverketille, jolloin kyseinen juna voidaan pysäyttää seuraavalla asemalla. (Sensys 2007.)

Junan sijainti havaitaan järjestelmän tutkalla, jolloin kuva voidaan ottaa kameralla junan ollessa optimaalisessa paikassa. Kamera on varustettu erikoisfilterillä, jotta siitä lähtevä välähdys ei sokaise häiritsevästi junan kuljettajaa. (Sensys 2007.)



Kuva 11. Vahingoittunut virroitin (Sensys 2007).

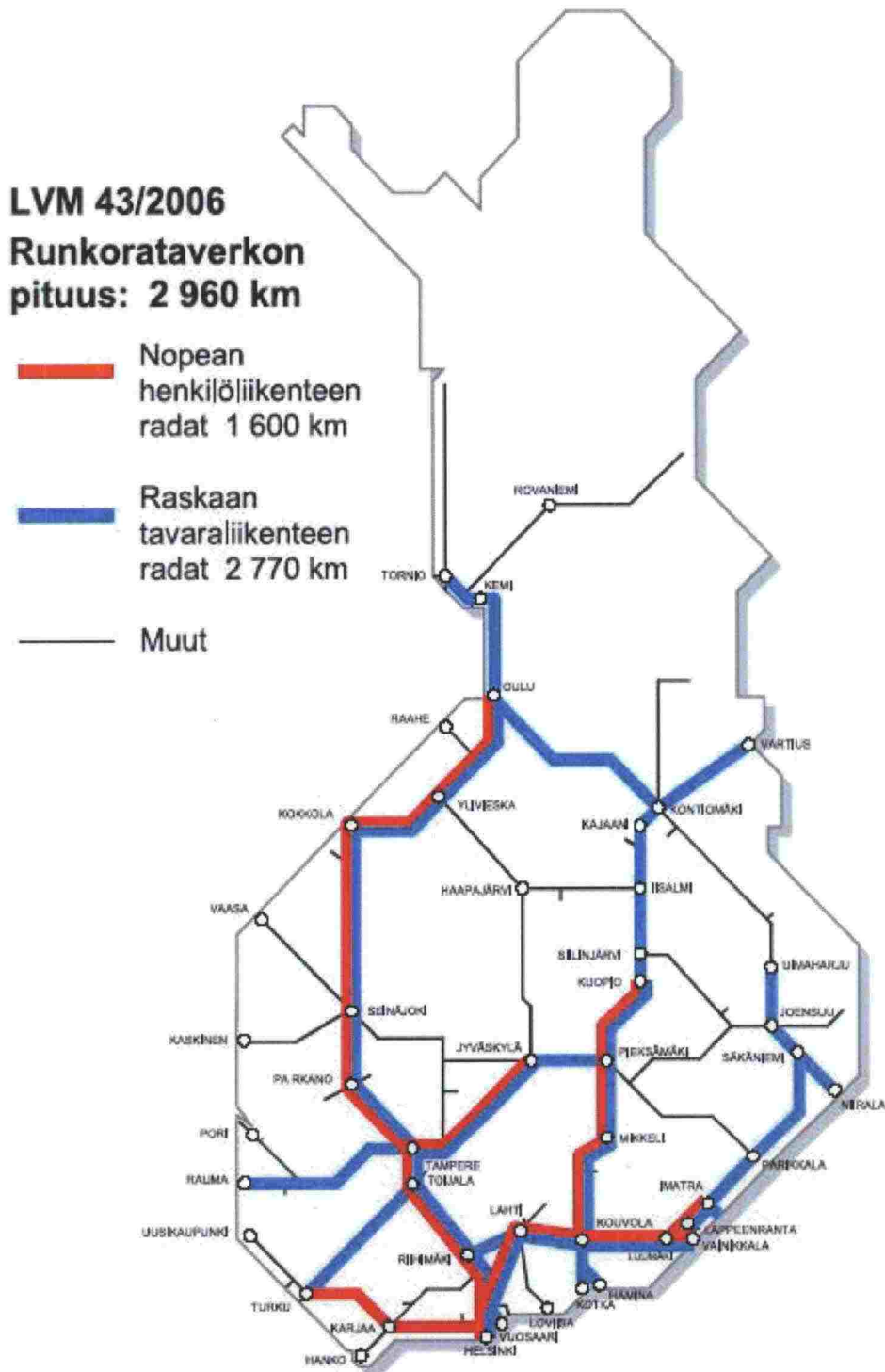
Kun kuva on otettu ja tallennettu, järjestelmä analysoi ja lähettää tulokset eteenpäin tutkittavaksi. Jos tutkinta osoittaa, että kontaktihiili on vaurioitunut, hälytys lähetetään joko verkon avulla tai GSMR/GPRS- yhteydellä valvomoon. (Sensys 2007.)

4 LIKENNÖINTI RATAVERKOLLA

4.2 Yleistä rataverkosta

Liikenne- ja viestintäministeriössä on valmisteltu ratalaki (110/07), jolla säädelään rautatien suunnittelua, rakentamista, kunnossapitoa ja lakkauttamista. Ratalaki astuu voimaan vuoden 2008 alussa. Ratalaki sisältää runkoverkkoehdotuksen. Rautateiden runkoverkko koostuu radoista, joilla on valtakunnallista merkitystä, ja jotka palvelevat lisäksi maakuntien pitkämatkaista liikennettä. Runkoverkko tarjoaa mahdollisuuden nopean henkilöliikenteen ja tehokkaan tavaraliikenteen harjoittamiseen liikennetarpeiden mukaisesti. (LVM 2006.)

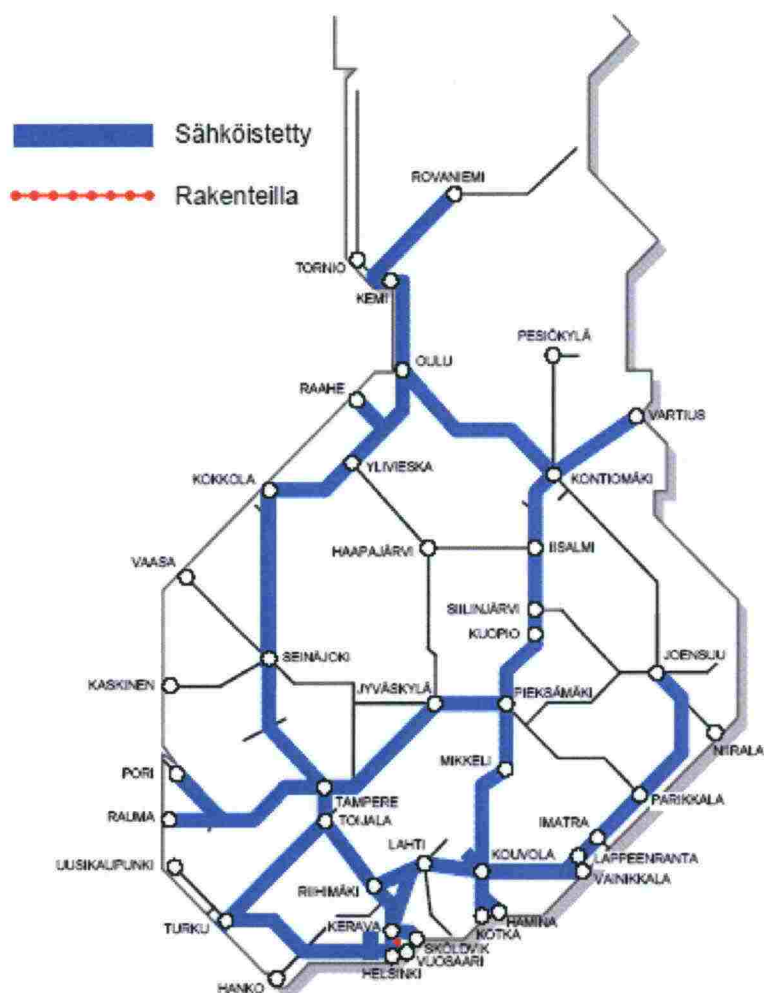
Tavaraliikenteen runkoverkko poikkeaa hieman henkilöliikenteen runkoverkosta. Nopean henkilöliikenteen ratojen kokonaispituus on noin 1600 km. Raskaan tavaraliikenteen ratojen kokonaispituus on noin 2700 km. Runkoverkon kokonaispituus on noin 2960 km. (LVM 2006.)



Kuva 12. Tavara- ja henkilöliikenteen runkoverkko (LVM 2006).

Tällä hetkellä Suomen rataverkolla on uudissähköistystä ainoastaan Vuosaaren radalla. Vuosaaren radan sähköistys valmistuu vuonna 2008. Suomen runkoverkko on miltei kokonaan sähköistetty (kuva 13). Sähköistetyllä radalla energiankulutus on 600 GWh, mikä on noin 0,7 % koko maan energiankulutuksesta. Sähkörata voidaan jakaa kolmeen alajärjestelmään: syöttöjärjestelmä, ratajohto ja sähköradan kaukokäyttöjärjestelmä. Syöttöjärjestelmään kuuluvat sekä syöttö- että välilytkinasemat, joiden kautta sähköenergiaa siirretään valtakunnanverkosta ratajohtoon. Ratajohto-järjestelmään kuuluu ajojohdin kannatusrakenteineen ja varusteineen. Sähköradan kaukokäyttöjärjestelmä

mahdollistaa syöttöasemilla ja ratajohdoissa olevien kytkinlaitteiden ohjaukset, joita tarvitaan esimerkiksi jännitekatkoja tehtäessä. (Rautoja 2007.)



Kuva 13. Sähköistetty rataverkko (RHK 2007e).

4.2 TEN-rataverkko

TEN-verkoksi (Trans-European Networks) kutsutaan koko Euroopan kattavaa liikenneverkkoa, johon kuuluu noin 80 000 kilometriä rautateitä (Suomessa 3820 kilometriä). TEN-verkko takaa tavaroiden ja henkilöiden vapaan liikkuvuuden ja liittää syrjäiset sekä liikenteellisesti eristyksissä olevat alueet keskusalueisiin. TEN-verkko muodostaa myös sillan itäisen Euroopan maihin ja Välimeren alueelle. TEN-verkkoon sisältyy myös liikenteenhallintajärjestelmä, liikenteentiedotusjärjestelmä ja navigointijärjestelmä. Tämän lisäksi Suomelle tärkeät jäänmurtajat ovat osa TEN-verkkoa. (LVM 2002.)

TEN-verkon rautatieverkko muodostuu suurnopeusradoista ja tavanomaisista radoista. Rautatieverkon on täytettävä ainakin yksi seuraavista vaatimuksista, jotta se voidaan määrittää TEN-verkoksi:

1. Verkolla on tärkeä merkitys pitkän matkan henkilöliikenteessä
2. Verkosta on tarvittavat yhteydet lentoasemille

3. Verkko mahdollistaa yhteydet alueellisiin ja paikallisiin rautatieverkkoihin tai verkko helpottaa tavaraliikennettä siten, että siinä yksilöidään ja kehitetään tavaraliikenteelle tarkoitettuja valtateitä ja reittejä, joilla on tavarajunilla etusija.
4. Verkolla on tärkeä merkitys yhdistetyissä kuljetuksissa
5. Verkosta on yhteistä etua koskevien sekä yhteydet lyhyen matkan meriliikenneväyliin ja sisävesiliikenneväyliin. (EUR-Lex 2004.)

Suomen rautateiden runkoverkot sisältyvät TEN-verkkoon. Tämän lisäksi Suomen TEN-verkoon kuuluu sellaisia rataosuuksia, jotka täyttävät jonkin edellä mainituista ehdoista. TEN-verkossa on tavarajun- ja henkilöliikenteen runkoverkkojen lisäksi seuraavat yhteysvälit: Kemi–Rovaniemi, Joensuu–Siilinjärvi, Iisalmi–Ylivieska, Hyvinkää–Hanko ja Joensuu–Niirala. TEN-verkon rautatieverkko jatkuu myös raja-asemille ja niiltä naapurimaihin Ruotsiin ja Venäjälle. Suomen TEN-rataverkko on esitetty liitteessä 1.

4.3 Matka- ja tonnimäärät runkoverkolla

Ratahallintokeskuksen runkoverkon henkilömatkojen määrät ja tavaraliikenteen tonnimäärät vuonna 2006 on esitetty liitteissä 2 ja 3. Vuonna 2006 Suomen rataverkolla tehtiin kaukoliikenteessä yhteensä 12,847 miljoonaa henkilöliikennematkaa, joista suurin osa painottui rataosuudelle Helsinki–Tampere. Myös Riihimäki–Kouvola-rataosuudella sekä Tampere–Oulu välillä henkilöliikennemäärät olivat suuria. Lisäksi pääkaupunkiseudun lähiliikenteessä tehtiin noin 5,6 miljoonaa henkilömatkaa vuonna 2006. Tavaraliikenteessä kuljetettiin vuonna 2006 yhteensä 43,6 miljoonaa tonnia. Suurin osa kuljetuksista painottuu Kouvola–Luumäki rataosuudelle. Kotimaisten tavaraliikenteen kuljetuksien kannalta reitti Helsinki–Oulu on myös yhteysvälinä tärkeä (liite 4). (RHK 2007.)

Suomen runkoverkolla tavaraliikenteessä läntistä liikennettä liikkui vuonna 2006 vähän verrattuna kokonaismääriin (liite 5). Suomea voidaan verrata saarivaltioon, sillä sitä ympäröivät Pohjanlahti ja Itämeri. Suuri osa tavaraliikenteen läntisistä kuljetuksista tehdään laivoilla, sillä Suomen ja Ruotsin raideleveydet eivät vastaa toisiaan. Suomessa raideleveys on 1 524 millimetriä ja Ruotsissa yleiseurooppalainen 1 435 millimetriä. Sen sijaan Suomen ja Venäjän raideleveydet ovat miltei samat, minkä vuoksi venäläiset vaunut pystyvät liikkumaan Suomen rataverkolla. Venäjän raideleveys poikkeaa Suomen raideleveydestä vain neljällä millimetrillä (1 520 mm). Tavaraliikenteen itäiset kuljetukset vuonna 2006 on esitetty liitteessä 6. Itäiset kuljetukset painottuvat Vainikkalan ja Kouvolan väliselle osuudelle sekä Niiralan ja Uimaharjun välille. Myös osa tavaraliikenteen transitokuljetuksista on itäisiä kuljetuksia (liite 6, liite 7). Vuoden 2006 merkittävänä transitokuljetusreittinä voidaan mainita Vartiuksen ja Raahen välisen radan lisäksi Vainikkalan ja Haminan väli.

4.4 Kaluston kierto runkoverkolla

4.4.1 Henkilövaunujen kierto

Henkilöliikenteen vaunuja VR:lla on yhteensä 1083 kappaletta. Sähkömoottorivaunuja VR:lla oli vuonna 2006 yhteensä 148 kappaletta. (RHK 2007d.)

Taulukko 4. Sähkövaunujen lukumäärät vuonna 2006 (RHK 2007d).

Vaunu	lkm (kpl)
Sm1	50
Sm2	50
Sm3	18
Sm4	30

Liikennöinti verkolla suunnitellaan ohjelmalla, joka laskee, miltä reitiltä vaunu tulee ja mille reitille se ohjataan. Ohjelma ilmoittaa myös vaunun huoltotarpeen ja määrää käyttöön uuden rungon seuraavalle reitille. Henkilövaunuliikenteelle on ominaista pysyvä aikataulu, mutta tavaravaunujen kierrot ovat hektisempiä kuin henkilövaunujen kierrot.

Henkilöliikenteen vaunut kiertävät verkolla hajanaisesti, sillä mikään vaunuista ei kulje pysyvästi samaa rataosuutta, vaan vaunut ohjataan tarpeen mukaan eri rataosuuksille. Eri junatyypit liikkuvat kuitenkin säännöllisesti samoilla rataosuuksilla. Junatyyppien rataosuudet määritetään rataverkolla vallitsevien nopeusrajoitusten mukaisesti. Esimerkiksi Pendolinoilla voidaan ajaa maksimissaan 220 km/h, jolloin niiden reitit sijoitetaan rataosuuksille, joilla sallitut nopeudet ovat korkeampia (liite 8). Taulukossa 5 on esitetty eri junatyyppien vuorojen määrät päivässä eri rataosuuksilla. (Korhonen 2007.)

Taulukko 5. Junatyyppien vuoromäärät päivässä eri rataosuuksilla (VR 2007).

Rataosuus	Junatyyppi			
	Pendolino (vuoroa/vrk)	InterCity (vuoroa/vrk)	InterCity2 (vuoroa/vrk)	Siniset junat (vuoroa/vrk)
Helsinki–Turku	8		20	6
Helsinki–Tampere	11		32	
Tampere–Seinäjoki	7	8		4
Seinäjoki–Kokkola	6	8		4
Kokkola–Ylivieska	6	6		4
Ylivieska–Oulu	6	6		4
Helsinki–Lahti	3		17	
Lahti–Kouvola	3		17	
Kouvola–Imatra	2		12	
Imatra–Joensuu	2	10		
Kouvola–Mikkeli	2	5		4
Mikkeli–Pieksämäki	2	5		4
Pieksämäki–Kuopio	4	8		4
Jyväskylä–Pieksämäki	2	3		8
Tampere–Jyväskylä	5	7		8
Iisalmi–Kajaani	2		4	8
Kuopio–Iisalmi	2	4		6
Turku–Tampere	2			14
Oulu–Kemi	2			6
Tampere–Pori				10
Iisalmi–Ylivieska				6
Oulu–Kontiomäki				6

Henkilöliikenteen vilkkain liikennöintireitti on Helsingin ja Tampereen välinen rataosuus. Vuoroja Tampereen ja Helsingin välillä on 65 päivässä (liite 14). InterCity2-junia käytetään pendeliliikenteessä (liite 9). Suurin osa Tampereen ja Helsingin välillä kulkevista junista on tyypiltään InterCity2-junia. Sinisillä junilla tarkoitetaan vanhoja taajama- ja pikajunia (liite 10). Uuden juna-ajan myötä sinisiä junia ei enää ajeta Helsingistä, vaan niille on omat kiertonsa Itä-Suomen ja Pohjois-Suomen rataosuuksilla. Siniset junat kiertävät tavallisesti Turun varikon kautta. Turun varikkoa voi kutsua sinisten vaunujen kierron päävarikoksi. Osa sinisistä junista liikkuu maakunnissa ja niillä on oma kiertonsa Kouvolan, Kuopion, Oulun ja Rovaniemen välillä. Kyseisillä vaunuilla on oma kiertonsa ja ne käyvät noin kerran kahdessa viikossa Turun varikolla. (Korhonen 2007.)

Sm4-junia käytetään pendeliliikenteessä (liite 12). VR:lla on Sm4-junia yhteensä 30 kappaletta (RHK 2007d.) Ne kulkevat väleillä Helsinki-Tampere, Riihimäki-Lahti, Helsinki-Lahti, Helsinki-Kirkkonummi ja Lahti-Kouvola. Sm4-junia ei käytetä kaukoliikenteessä. (Korhonen 2007.)

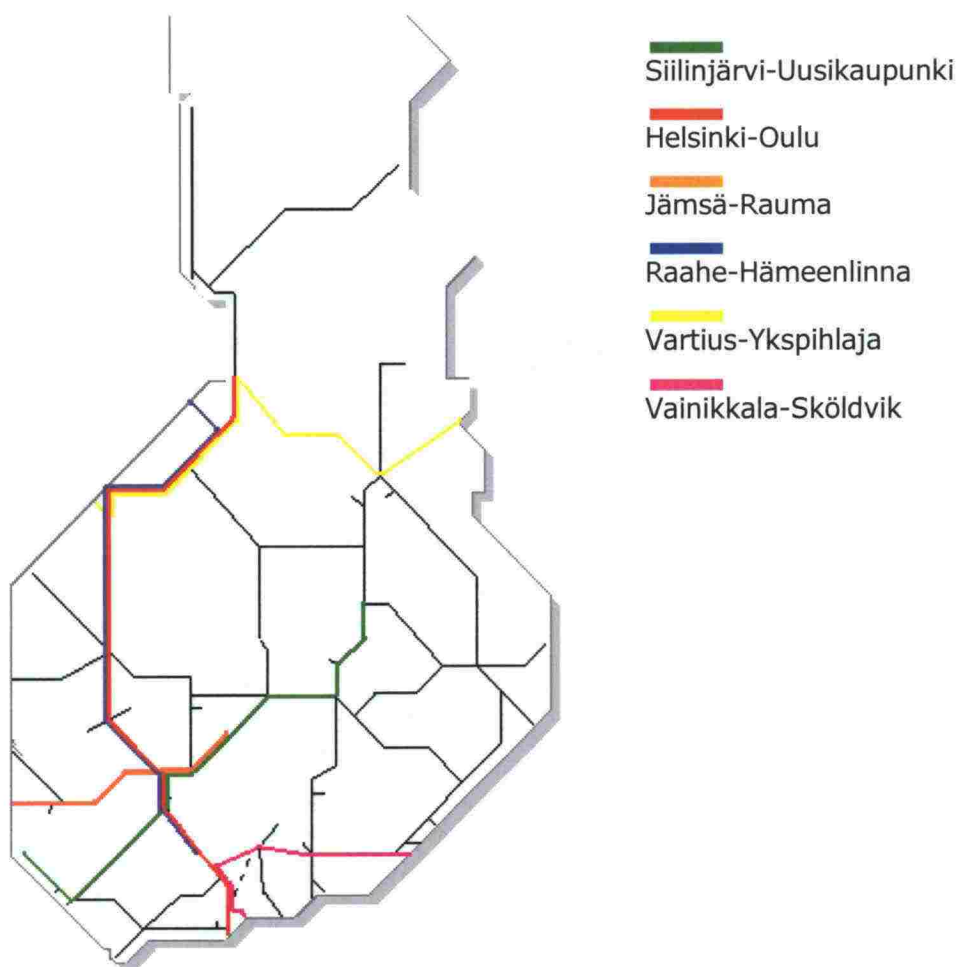
Helsingin ja Rovaniemen välillä kulkee kaksi yöjunaa päivittäin omaan suuntaansa (*liite 13*). Viikonloppuisin ja sesonkien aikana lisätarjonta yöliikenteelle muodostetaan kysynnän mukaan. Syöttöjuna viedään päivittäin Kajaanista Ouluun. Helsingin ja Kolarin välillä ajaa myös muutama yöjuna viikossa. Yöliikenne ei ole yhtä hektistä kuin muu henkilöliikenne. Yöjunan saapuessa päätepysäkille, junalle voidaan tehdä huoltotoimenpiteitä päivän aikana ennen seuraavaa yölähtöä. (Korhonen 2007.)

Henkilöliikenteen kierron suunnittelussa pyritään siihen, että kalusto kiertäisi verkolla mahdollisimman kiinteänä kokonaisuutena. Kysyntään pyritään vaikuttamaan siten, että tarjonta olisi mahdollisimman hyvä. Erilaisiin kysyntäpiikkeihin vaikutetaan henkilöliikenteen kunnossapitovarojen avulla. Juhlapyhinä ja viikonloppuina VR:lla on tavallista enemmän kalustoa liikenteessä. (Korhonen 2007.)

4.4.2 Tavaravaunujen kierto

Kaupallisen liikenteen tavaravaunuja VR:lla oli vuonna 2006 yhteensä 10 971 kappaletta. Näistä vaunuista katettuja vaunuja on 4 480 kpl, avonaisia vaunuja 6 009 kpl ja säilövaunuja 482 kpl. (RHK 2007d.)

Tavaraliikenteen vaunukierrolla pyritään siihen, että vaunujen kustannuksia aiheuttava odottelu, tyhjäkäynti ja ruuhkat jäisivät mahdollisimman vähäisiksi. Suomen rataverkolla liikkuvien tavaravaunujen kiertoon vaikuttavat myös vuodenajat. Esimerkiksi Saimaan jäätyminen heijastuu tavaravaunujen kiertoon, koska tuolloin puutavaran uitto ei ole mahdollista. Myös Etelä-Euroopan lomakausien päättymisen kasvattaa tavaravaunujen kiertoa. Seuraavat yhteysvälit ovat merkittäviä Suomen tavaraliikenteen kannalta (kuva 14): Helsinki-Oulu, Siilinjärvi-Uusikaupunki, Jämsä-Rauma, Raahe-Hämeenlinna Vartius-Ykspihlaja sekä Vainikkala-Sköldvik. (Saha 2007.)



Kuva 14. Tavaraliikenteen merkittäviä yhteysvälejä (Saha 2007).

Siilinjärvellä sijaitsevat Kemiran lannoitetehtas ja kaivos, joista kuljetukset kattavat tonneissa noin 8 % Suomen raskaista rautatiekuljetuksista. Myös Uudessakaupungissa sijaitsee Kemira GrowHow Oy:n tehdas. Siilinjärvellä sijaitsee Länsi-Euroopan ainoa fosforikaivos. Siilinjärven ja Uudenkaupungin välillä liikkuu merkittävä määrä tavaraa päivittäin. Rataosuudella Turku-Uusikaupunki liikkui vuonna 2006 yhteensä 684 tuhatta nettotonnia tavaraa. Uusikaupunki sijaitsee rataverkolla logistisesti hyvällä paikalla, mikä mahdollistaa myös merikuljetukset. Päämarkkina-alueet Kemiralla ovat Aasia, Afrikka ja Euroopan maat (Kemira GrowHow 2005.)

Siilinjärveltä kuljetukset ohjataan Tampereen kautta Uuteenkaupunkiin. Rautaruukin terästuotteet kuljetetaan Raahesta Hämeenlinnaan ja Hämeenlinnasta Lappohjaan. Jämsänkoskella sijaitsee UPM-Kymmenen paperi- ja sellutehdas, josta kuljetukset suunnataan rautateitse Tampereen kautta Raumalle. (Saha 2007.)

Osalle tavaraliikenteen junista on muodostettu vakinaiset aikataulut, joita niiden tulisi noudattaa. Seuraavassa on listattu kulkuvälit, joissa liikkuu tavarakuljetuksien vakinaisten juna-aikataulujen perusteella eniten kalustoa: Vainikkala-Kouvola, Tampere-Rauma, Kokkola-Oulu, Turku-Tampere, Toijala-Tampere, Imatra-Joutseno, Kouvola-Tampere, Imatra-Joensuu, Kotka-Kouvola, Hangonsaari-Turku, Hämeenlinna-Riihimäki, Tampere-Vilppula, Imatra-Kouvola, Jyväskylä-Äänekoski, Hamina-Kouvola, Kokkola-

Pietarsaari, Joensuu–Niirala, Jyväskylä–Tampere, Kaskinen–Seinäjoki, Hanko–Kirkniemi, Joutseno–Kouvola, Kajaani–Kontiomäki, Lauritsala–Imatra ja Hangonsaari–Kemira. (RHK 2007f.)

4.4.3 Veturien kierto

VR:lla on sähkö- ja dieselvetureita yhteensä 391 kappaletta. Dieselvetureita Dv12 ja Dv16 käytetään linjaliikenteessä ja Dr14 käytetään järjestelyratapihavetureina. (Inkilä 2007.)

Taulukko 6. VR:n vetureiden tyyppi ja lukumäärä (RHK 2007d).

Veturi	kappalemäärä
Sr 1	110
Sr 2	46
Dv 12	192
Dr 16	19
Dr 14	24

Veturikierron perussuunnittelu tehdään VR:lla. Kun veturikiertoa suunnitellaan, ensin on tarpeen suunnitella säännöllinen liikenne. Tällä selvitetään, kuinka monta veturisarjaa sitoutuu liikenteeseen. Yksittäisen veturin kiertoon vaikuttaa veturin kunnossapitovara. Veturia on huollettava tietyin väliajoin, ja VR:lla on käytössä vetureiden hallintaohjelma, jonka avulla saadaan jokaisen yksittäisen veturin historiatiedot selvitettyä. Hallinta-järjestelmän avulla kontrolloidaan, että veturin huollot tapahtuvat ajallaan. Kaikki vetureiden ominaisuustiedot on syötetty järjestelmään, joka ilmoittaa, milloin veturi on huollettava. Jokaiselle veturityypille on olemassa huoltokäsikirja, jonka mukaan huolto tapahtuu. Myös vetureiden komponentteja huolletaan erikseen. Esimerkkinä tästä ovat junan pyörät, jotka voidaan irrottaa ja lähettää sorvattavaksi konepajalle. Myös virroitimet ovat komponentteja, joille on oma huoltoketjunsä. (Inkilä 2007.)

VR on määrittänyt eri vetureille kunnossapitoyksiköt. Veturien kunnossapitovastuut vaihtuvat ajoittain kuormitustilanteiden mukaisesti. Dieselveturit kiertävät rajoitetusti verkolla, kun taas sähköveturit kiertävät verkolla tasaisesti. Tällä hetkellä Kouvolassa ja Helsingissä huolletaan sähkövetureita. Dieselveturit kiertävät Tampereen, Seinäjoen, Kaskisten, Vaasan, Turun, Uudenkaupungin ja Riihimäen alueilla. (Inkilä 2007.)

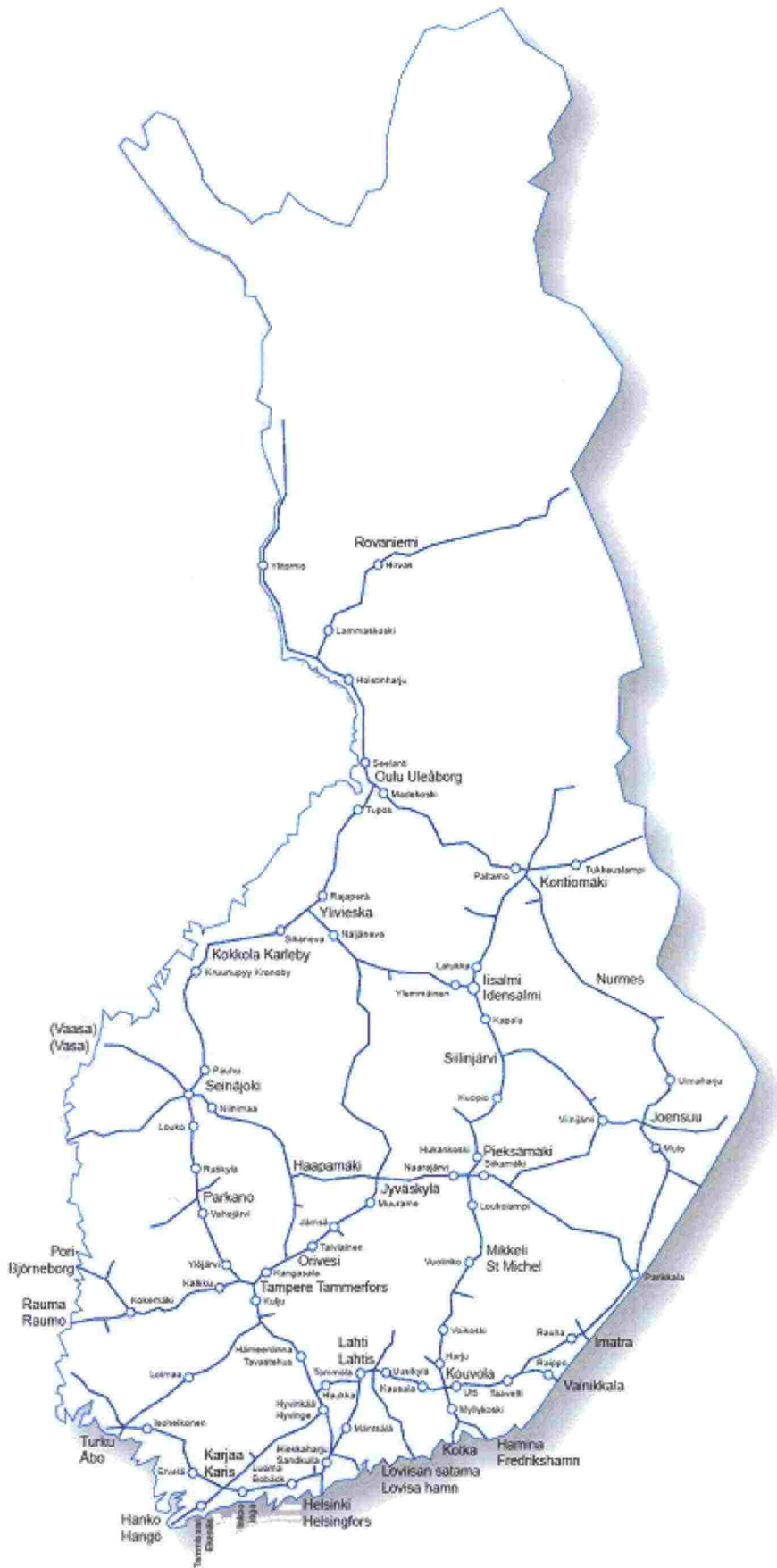
Radalla on käytössä junien kulunvalvontajärjestelmä. Kulunvalvontajärjestelmän tarkoitus on seurata junien turvallista liikkumista radalla. Kulunvalvontajärjestelmä ilmaisee junan ja radan suurimman nopeuden sekä antaa ennakkotietoa tulevista opastimista, nopeus-rajoituksista ja vaihteista vähintään 2400 tai 3600 metriä ennen tavoitepistettä. Junien kulunvalvontajärjestelmä laskee jarrutuskäyrän mukaiset käyrät, varoittaa niistä ja tarvittaessa pysäyttää junan automaattisesti hätäjarrutuksella. Tiedonsiirtoon käytetään radalle sijoitettuja baliiseja. (RHK-Akatemia 2007.)

Junien pyörissä saattaa esiintyä ympärilyöntiä ns. sutimista, ja jos pyörän nopeus ylittää kulunvalvonnalla asetetun maksiminopeuden, kulunvalvontajärjestelmä tulkitsee veturin kulkevan ylinopeudella. Kulunvalvontajärjestelmä varoittaa kuljettajaa tilanteesta. Jos ympärilyönti jatkuu tietyn ajan, järjestelmä tulkitsee tilanteen ylinopeudeksi ja suorittaa automaattisen jarrutuksen. Veturin kuljettaja ei voi vaikuttaa automaattiseen hätä-

jarrutukseen sen alkaessa. Tällaiset tilanteet toistuvat useimmiten syksyisin lehtikelillä, jolloin kisko on liukas ja pienestä kitkakertoimesta johtuen pyörät lukkiutuvat ja aiheuttavat lovia. Kulunvalvontajärjestelmää pyritään tulevaisuudessa muuttamaan siten, että käyttöjarrutus tapahtuisi siten, että kuljettajalla olisi vielä mahdollisuus keskeyttää automaattinen jarrutus. Kuljettajilla on velvollisuus tarkastaa juna hätäjarrutuksen jälkeen. (Inkilä 2007.)

4.5 Kuumakäynti-ilmaisimien sijainti runkoverkolla

Suomen rataverkolla on käytössä useita kuumakäynti-ilmaisimia, joiden tarkoitus on mitata pyörien laakerien lämpötilat. Laakerien ylikuumenemisesta voi seurata akselin katkeaminen ja sen seurauksena junan suistuminen raiteelta. Kuumakäynti-ilmaisimien mittausasemien hälytystiedot kerätään junasuorittajien tiloihin sijoitetuille PC-päätteille. Kuumakäynti-ilmaisimien sijoitus on suunniteltu siten, että keskusasemaa kohti lähestyvän junan mittaaminen noin 10 kilometriä ennen asemaa on mahdollista. Radoilla, joilla junien nopeus on yli 160 km/h, mittausasemia on sijoitettu noin 50 kilometrin välein (RHK 1998.) Kuumakäynti-ilmaisimet vaativat toimiakseen vastaavanlaisia tietoliikenneyhteyksiä kuin pyörävoimailmaisimet. Tämän vuoksi pyörävoimailmaisimien sijoittelussa pyritään hyödyntämään kuumakäynti-ilmaisimien laitetoja, jotta sijoituspaikoille ei tarvitsisi viedä uusia tietoliikenneyhteyksiä. Kuumakäynti-ilmaisimien sijainnit on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Kuumakäynti-ilmaisimien sijainnit rataverkolla (RHK 2006).

5 SIOITTAMISEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

5.1 Liikennepaikat

Ratahallintokeskuksen julkaisemassa verkkoselostuksessa 2008 on listattu jokaisen Suomen rataverkon liikennepaikan ominaisuustiedot. Pyörävoimailmaisimien sijoittelussa yhtenä reunaehtona on liikennepaikkojen mitoittava raidepituus. Mitoittavan raidepituuden täytyy olla vähintään 725 metriä, jotta juna voidaan ohjata sivuraiteelle viallisen kalustoyksikön poistamiseksi. Ajatuksena on, että pyörävoimailmaisimet sijoitetaan sellaisten liikennepaikkojen läheisyyteen, joissa on kapasiteettia ottaa juna sivuraiteelle.

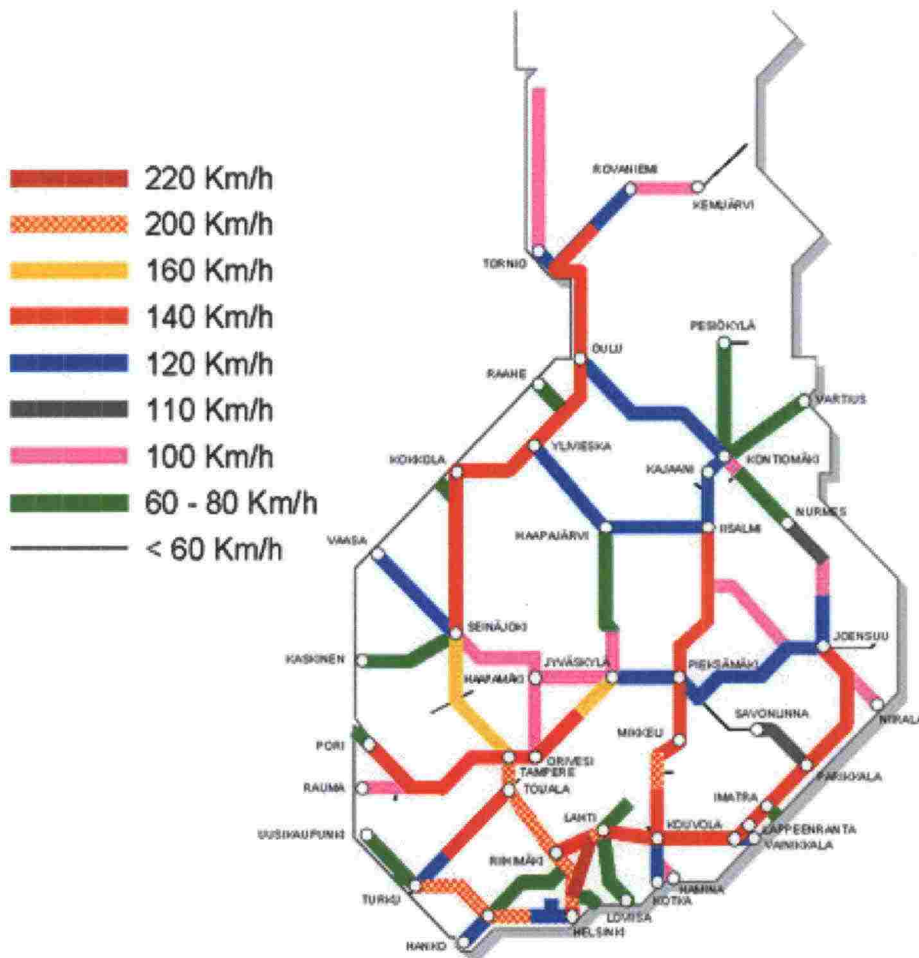
5.2 Pyörävoimailmaisimien viive

Pyörävoimailmaisimen sijoittelussa huomioidaan viive, joka muodostuu mittalaitteen prosessointiajasta sekä liikenteenohjauskeskuksessa tapahtuvasta viiveestä. Utissa sijaitseva pyörävoimailmaisimen prototyyppi vaatii noin minuutin tietojen analysointiin ilmaisimen ylittävistä junasta. Ilmaisin hälyttää, jos junan pyörästä mitattavat arvot ylittävät ilmaisimen raja-arvot. Kaikki hälytykset eivät aiheuta välittömiä toimenpiteitä, sillä junan pyörällä voidaan lievän hälytyksen sattuessa ajaa monesti määräasemalle asti. Hälytys lähtee tiedon keruun jälkeen liikenteenohjauskeskukseen, josta se välitetään aluevastaavalle ja sieltä veturinkuljettajalle. Ilmaisimien sijoittelussa on huomioitava viive, koska juna ehtii kulkea muutamassa minuutissa pitkän matkan ja lisäksi junan pysäyttäminen vauhdista vaatii oman matkansa. Ilmaisimen tulee sijaita siten, että ilmaisimen ohittavan junan tiedot ehditään käsitellä, hälytys tehdä, viesti välittää veturiin ja juna pysäyttää seuraavalle potentiaaliselle liikennepaikalle. Pyörävoimailmaisimen minimietaisyys liikennepaikkaan määritetään käyttämällä kaavaa 3.

$$S_L = V_r(t_1 + t_2 + t_3) + S_j, \quad (3)$$

missä	S_L	on pyörävoimailmaisimen etäisyys liikennepaikasta
	S_j	on junan jarrutusmatka
	V_r	on rataosuuden nopeusrajoitus
	t_1	on hälytyksen generointiaika
	t_2	on hälytyksen välitysaika liikenteenohjauskeskukseen ja sieltä alueohjaajalle
	t_3	on veturinkuljettajan yhteydenottoon kuluva aika

Rataosuuksilla vallitsevat nopeusrajoitukset vaikuttavat myös pyörävoimailmaisimien etäisyyteen liikennepaikasta. Kuvassa 16 esitetty rataosuuksilla vallitsevat nopeusrajoitukset vuonna 2007.



Kuva 16. Rataverkolla vallitsevat nopeusrajoitukset (RHK 2007a).

Utissa sijaitsevan mittalaitteen prototyypin mittausaika on noin minuutti (Lahti 2007). Kyseistä minuuttia voidaan käyttää hälytyksen generointiaikana. Hälytys ohjataan liikenteenohjauskeskukseen aluevalvoille. Liikenteenohjauskeskuksessa nähdään päätteeltä hälytyksen yksityiskohdat. Aluevalvoja ilmoittaa veturinkuljettajalle hälytyksestä. Inhimillisenä viiveenä, joka sisältää yhteydenoton aluevalvojan ja veturinkuljettajaan käytetään arvona yhtä minuuttia.

Junien jarrutusmatkan pituus vaihtelee junatyyppin mukaan. Erilaisille junille, yksittäisille vaunuille ja vetureille on tehty runsaasti pysähtymismatkakokeita. Pysähtymismatkakokeet voidaan tehdä usealla eri tarkistuksien varten. Tärkein junan pysähtymismatkakoe tehdään hätäjarrutusta käyttäen, jolloin saadaan selville junan maksimijarrutuskyky. Junan pysähtymismatka on melko tarkkaan suoraan verrannollinen nopeuden neliöön varsinkin levyjarruin varustetussa kalustossa. (Juntunen 2007.)

Taulukoissa 7–9 on esitetty esimerkit Pendolinon, henkilövaunun ja tavarajunan pysähtymismatkakokeiden tuloksista.

Taulukko 7. Pendolinon pysähtymismatkakoe hätäjarrutuksella (VR Engineering 2007).

Pendolino, hätäjarrutus

Nopeus [km/h]	s [m] (levyjarru)	s [m] (levyjarru+kiskojaru)
100	393	
120	529	
140	695	
160	871	672
200	1423	1036
220	1758	1248

Taulukko 8. Henkilövaunun pysähtymismatkakoe hätäjarrutuksella (VR Engineering 2007).

Henkilövaunujuna, hätäjarrutus

2 veturia + 15 vaunua (neljässä vaunussa kisko-jarrut)

nopeus [km/h]	pysähtymismatka [m]
120	827

Taulukko 9. Tavarajunan pysähtymismatkakoe hätäjarrutuksella (VR Engineering 2007).

Tavarajuna, hätäjarrutus

2 veturia + 48 tavaravaunua (junapaino 2085 t)

nopeus [km/h]	pysähtymismatka [m]
80	387

Tavara- ja henkilöjunien jarrutusmatka on tavallisesti pidempi kuin Pendolinojen jarrutusmatka. Jarrutusmatkan pituus riippuu junan nopeudesta, junan painosta, jarrujen hyvydestä, radan kaltevuudesta sekä kiskon ja pyörän välisestä kitkasta. Junassa voi olla joko levyjarrut tai levy- ja kiskojarut. Pendolinon jarrutus on tavallisesti tehokkaampi kuin muilla junatyypeillä.

Mikäli radalla on käytössä kulunvalvonta, välitetään tieto neljästä peräkkäisestä vapaasta kulkutiestä veturinkuljettajalle, jolloin turvalaitteet mahdollistavat jarrutusmatkan 3600 metriin (RHK 1998.)

Kaavassa 3 ei voida käyttää hätäjarrutuksen aiheuttamaa pysähtymismatkan arvoa, sillä pysähtymismatka on hätäjarrutuksessa lyhyempi kuin todellisuudessa. Pendolinon jarrutusmatka maksiminopeudesta on noin 2000 metriä (Inkilä 2007.) Koska junan pysähtymismatka on melko tarkkaan verrannollinen nopeuden toiseen potenssiin (levyjarruilla varustetussa junassa), voidaan Pendolinon pysähtymismatkaa arvioida taulukon 10 mukaisesti.

Taulukko 10. Pendolinon arvioitu jarrutusmatka.

Pendolino, jarrutusmatka	
Nopeus [km/h]	s[m] (levy)
100	413
120	595
140	810
160	1058
200	1653
220	2000

Pyörävoimailmaisimen lopullista sijoituspaikkaa arvioitaessa etäisyyksiä voidaan tarkentaa kaltevuuden ja radan suurimman nopeuden mukaan. Lisäksi käyttöön valittavan laitteen nopeusalue voi vaikuttaa sijoituspaikkaan. Jopa radan nopeusrajoituskin saattaa ilmaisimen kohdalla muuttua. Kaavaa 3 käyttämällä saadaan selville, ovatko mahdolliset sijoituspaikat riittävän etäällä mahdollisista pysäytys- ja tarkastuspaikoista. Henkilövaunu- ja tavara-vaunujunat vaativat erilaisen pysähtymismatkan.

Seuraavassa on laskettu kaavaa 3 käyttämällä karkea arvio, kuinka pitkälle ilmaisin olisi syytä asentaa liikennepaikkaan nähden. Etäisyydet on laskettu kaikille nopeuden arvoille käyttäen taulukossa 10 esitettyjä Pendolinon arvioituja pysähdysmatka-arvoja.

$$S_L = 61,11m / s(60s + 30s + 30s) + 2000m = 9333m$$

Taulukko 11. Laskettu ilmaisimen etäisyys liikennepaikasta.

V [km/h]	S _L [m]
100	3746
120	4595
140	5477
160	6391
200	8320
220	9333

Nopeudella 220 km/h ilmaisimen etäisyydeksi liikennepaikasta saadaan runsas 9 kilometriä. Lasketaan vielä karkea yleinen arvio, kun juna kulkee nopeutta 200 km/h ja junankulunvalvonta varmistaa neljän vapaan kulkutien. Tällöin jarrutusmatka voi olla jopa 3600 metriä.

$$S_L = 55,56m / s(60s + 30s + 30s) + 3600m = 10266m$$

Tulokseksi saadaan runsas 10 kilometriä. Kun jarrutusmatkana käytetään suurinta mahdollista jarrutusmatkan arvoa, pyörävoimailmaisimet voidaan asettaa vasta 10 kilometrin etäisyydelle merkittävistä liikennepaikoista. Myös kuumakäynti-ilmaisimien laitetilat sijaitsevat merkittävistä liikennepaikoista tavallisimmin 10 kilometrin päässä, joten näitä laitetoja voidaan hyödyntää myös pyörävoimamittauksissa.

5.3 Henkilöresurssit liikennepaikoilla

Liikennöitsijän eli VR:n puolesta ilmaisimien sijoittamiseen vaikuttavat myös henkilöresurssit liikennepaikoilla. Kaikilla liikennepaikoilla ei ole tarpeeksi henkilöstöä vaunukaluston poistamiseen hälytyksen sattuessa. Vaikka akuuttihälytys tapahtuisi radalla, ei junaa liikennöitsijän mielestä kannata pysäyttää radalle, vaan suositus on ohjata juna seuraavan liikennepaikan sivuraiteelle. Ratahallintokeskuksen julkaisussa Rataverkon kuvaus on kuitenkin asetettu lovipyörälle loven raja-arvot, joiden mukaan tällä hetkellä hälytyksen sattuessa tulee toimia. Raja-arvot voivat muuttua, kun ilmaisimet asennetaan radalle ja pyörävikojen yleisyys laajemmin selviää. Ilmaisimiin voidaan asettaa erilaisia hälytyksien porrastasoja ja raja-arvoja.

Seuraavassa listassa on listattu kaikki ne liikennepaikat, joissa on henkilökapasiteettia vaihtamaan henkilöliikenteen vaunukalusto hälytyksen sattuessa uuteen: Rovaniemi, Oulu, Tampere, Turku, Kouvola, Joensuu, Kuopio (Blomqvist 2007). Tässä työssä kuitenkin oletetaan, että henkilökuntaa on riittävästi paikalla liikennepaikalla hälytyksen sattuessa.

6 TULOKSET

6.1 Pyörävoimailmaisimien sijaintipaikat

Sijoitteluongelman ratkaisussa huomioidaan kappaleiden 4–5 mukaisesti liikennepaikkojen mitoittavat raidepituudet ja henkilöresurssit, tavara- ja henkilöliikenteen tonni- ja matkamäärät runkoverkolla, kuumakäynti-ilmaisimien sijaintipaikat, pyörävoimailmaisimen laitetyypistä johtuva viive ja junien kaluston kierto ja vuorot. Sijoittelu pohjautuu ajatukseen, että mahdollisimman monta vaunua saadaan tarkastettua ja sijoittelussa painotetaan tavaravaunujen tiheää tarkastamista.

Pyörävoimailmaisimet sijoitetaan sellaisille rataosuuksille, joissa tavaraliikenteen vuotuiset tonnimäärät sekä henkilöliikenteen matkamäärät ovat suuria. Ilmaisimien sijoittamisessa suuri merkitys on myös kaluston kierrolla, jotta saadaan mahdollisimman kattavasti tutkittua mahdollisimman monta pyörää. Ilmaisimen prototyypin käytön yhteydessä on havaittu, että venäläisissä vaunuissa on Suomen kalustoon verrattuna enemmän pyörävikoja, jonka vuoksi sijoittelussa painotetaan venäläisten vaunujen seurantaa.

Ilmaisimet sijoitetaan tavaraliikenteen kannalta tärkeille rataosuuksille, joilla kuljetetaan tonnimäärällisesti paljon tavaraa vuosittain. Tulosten muodostamisessa käytetään vuonna 2006 kuljetettujen tavarakuljetusten nettotonneja (liite 3–7) sekä henkilöliikenteen matkojen määriä (liite 2). Tämän lisäksi on käytetty säännöllisen tavar- ja henkilöliikenteen aikatauluja, jotka olivat voimassa 3.6.–8.12.2007. Tuloksissa on otettu huomioon myös eri junatyypien vuoromäärät, jotka astuivat voimaan 3.9.2006. Nämä on esitetty liitteissä 8–14. Pääkaupunkiseudulla liikkuvien lähiliikenteen junien vuoromäärät on esitetty liitteessä 15. Ne tulivat voimaan 12.8.2007.

Kohdissa 6.1.1 ja 6.1.2 esitetään malli I ja II pyörävoimailmaisimien sijoitusongelman ratkaisemiseksi. Kohdassa 6.1.3 esitetään sellaisia sijoituspaikkoja, jotka täydentävät ensimmäistä ja toista mallia.

Ensimmäinen malli on esitetty kohdassa 6.1.1. Ensimmäisessä mallissa on esitys 12 kiinteän pyörävoimailmaisimen sijaintipaikasta, jotka esitetään kuvassa 17. Ilmaisimien sijoituspaikat ovat Vainikkala, Niirala, Vartius, Imatrankoski, Utti, Kulju, Harju, Kalkku, Tupos ja Madekoski. Ensimmäisen mallin ilmaisimet valvovat kokonaisuudessaan Suomen ja Venäjän välillä liikkuvan tavar- ja henkilöliikenteen sekä keskeisen osan kotimaisesta tavar- ja henkilöliikenteestä.

Pyörävoimailmaisimien sijoitteluongelman vaihtoehtoinen ratkaisu, malli II, on esitetty kohdassa 6.1.2. Malli sisältää esityksen kiinteistä ja siirrettävistä ilmaisimista, jotka esitetään kuvassa 18. Liikkuvien ilmaisimien tarkoitus on täydentää kiinteiden ilmaisimien sijoittelussa rataverkolle jääneitä aukkoja. Liikkuvien ilmaisimien etuna on, että liikennettä voidaan valvoa myös vähemmän liikennöidyillä rataosuuksilla, joille ei ole mielekästä asentaa kiinteää ilmaisinta. Lisäksi liikenteellisten muutosten tapahtuessa ilmaisimia voidaan siirrellä runkoverkolla useiden eri rataosuuksien välillä.

Kiinteiden ja liikkuvien ilmaisimien malli sisältää kaikki ensimmäisessä ehdotuksessa esitetyt kiinteiden ilmaisimien sijoituspaikat. Ehdotus poikkeaa ensimmäisestä mallista

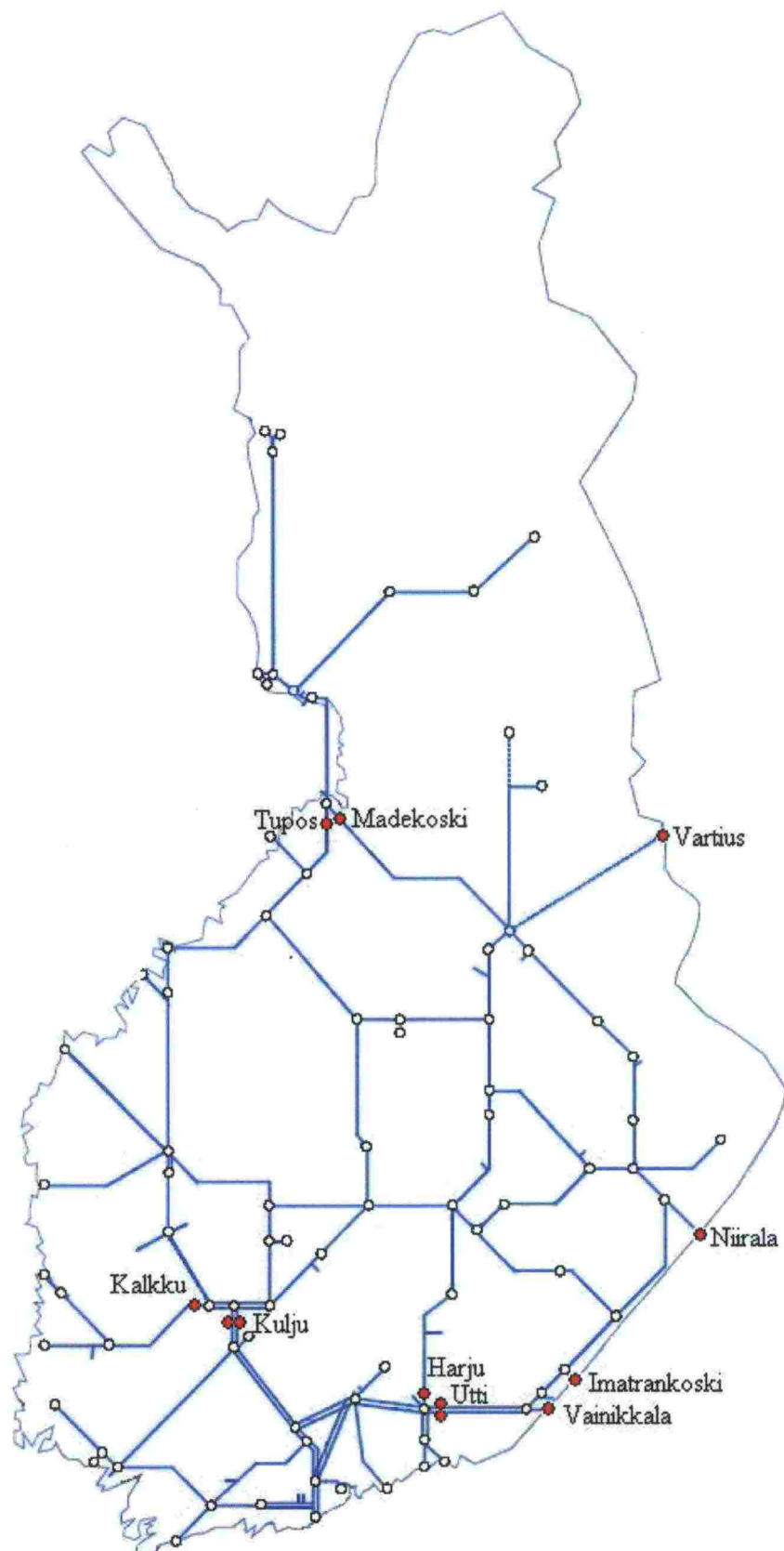
siten, että Madekosken ilmaisin muutetaan liikkuvaksi ilmaisimeksi. Uusia liikkuvien ilmaisimen sijoituspaikkoja runkoverkolla ovat: Tammisaari, Inkoo ja Kangasala.

Kun ilmaisimista on saatu enemmän käyttökokemusta, esitettjä malleja voidaan täydentää myös runkoverkon ulkopuolisella valvonnalla niillä rataosuuksilla, joissa liikenne on muuten merkityksellistä. Kohdan 6.1.3, mallissa III, on esitetty ensimmäistä ja toista mallia täydentäviä ilmaisimien sijoituspaikkoja. Valvonnan laajentamista voidaan harkita, kun on selvitetty, mikä laitetyyppi rataverkolle asennetaan ja millainen sen toimivuus ja luotettavuus on (kuva 19).

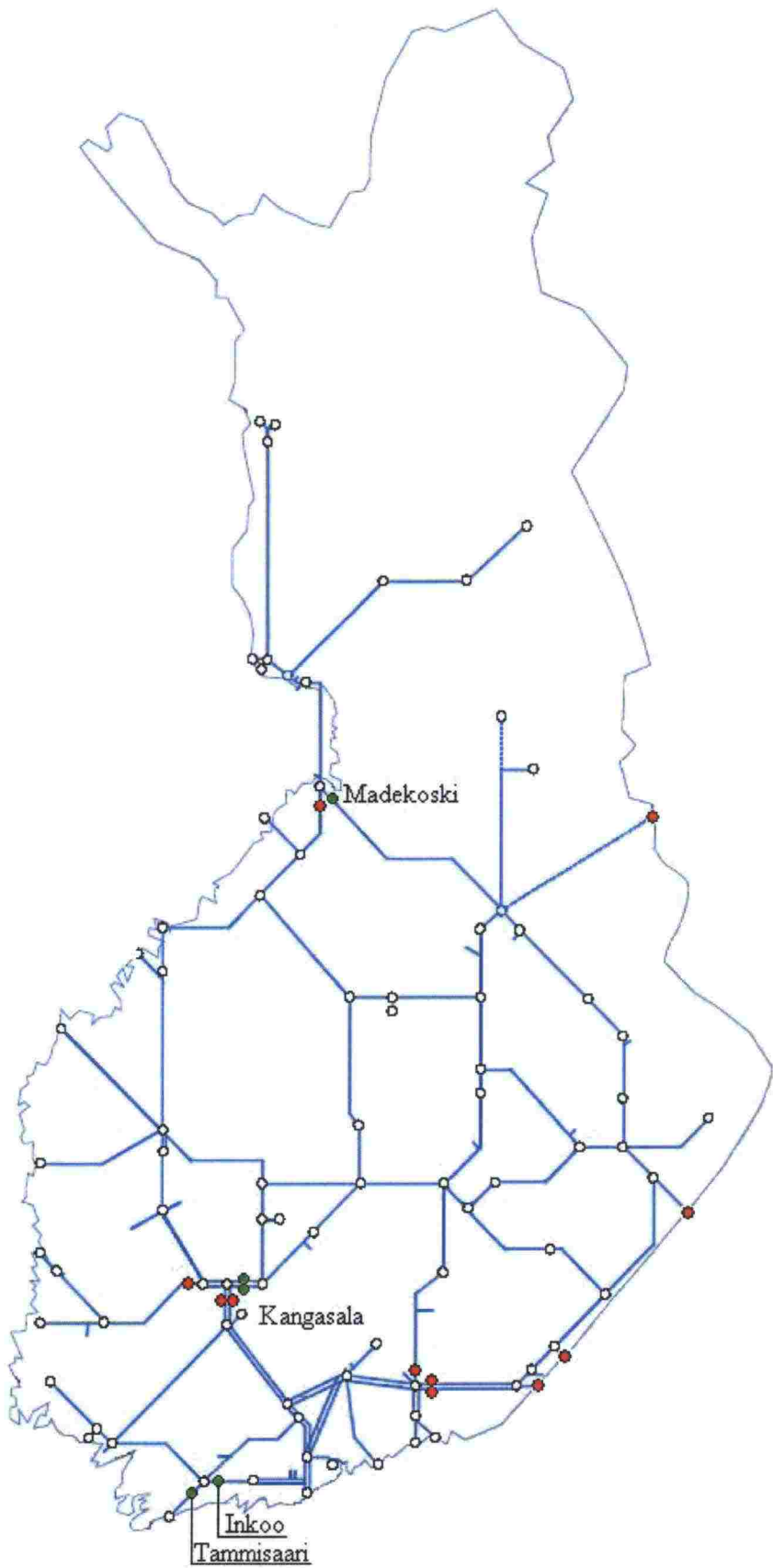
Kolmannessa mallissa esitetään täydentävien ilmaisimien sijoituspaikoiksi seuraavia paikkoja: Nakkila, Ylistaro, Ilmajoki, Luoma, Laukaa ja Hiekkaharju. Osa edellä mainituista paikoista sijaitsee runkoverkon ulkopuolella.

Rataverkolla on käynnissä hankkeita, jotka voivat vaikuttaa valmistuttuaan liikenteen käyttäytymiseen. Esimerkiksi Vuosaaren satamahankkeen on tarkoitus valmistua vuoden 2008 loppuun mennessä. Vuosaaren satamakeskuksesta kaavaillaan Suomen ulkomaankaupan pääsatamaa. Tämä voi kasvattaa tavarakuljetuksien määrää pääkaupunkiseudulla. Lisäksi Venäjältä tulevien kuorma-autojen tavarakuljetuksia on tarkoitus siirtää kiskoille kasvavien rekkajonojen välttämiseksi.

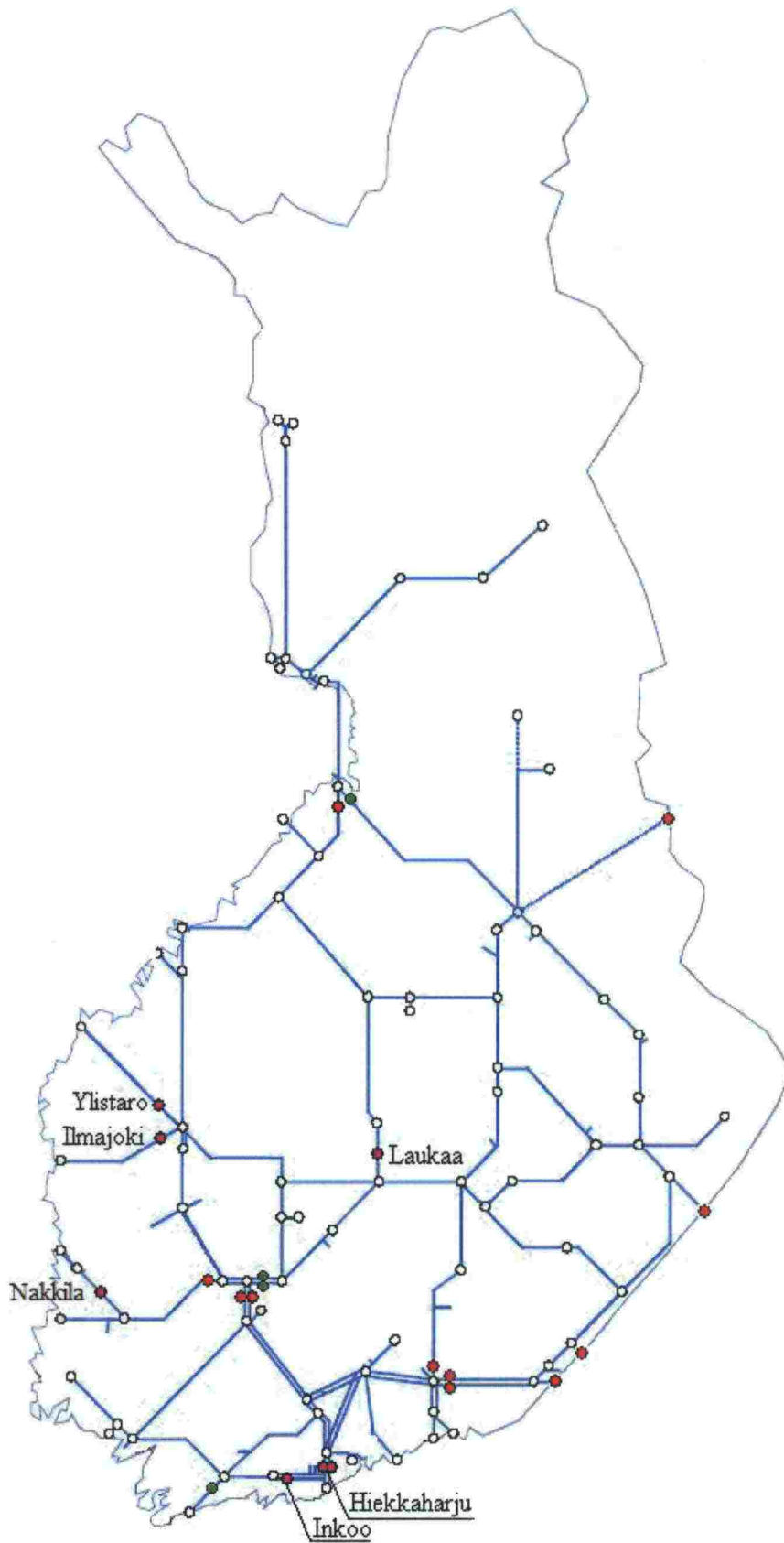
Sopivien liikennepaikkojen löytämiseksi on käytetty hyväksi Ratahallintokeskuksen julkaisua Verkkoselostus 2008, jonne on listattu kaikki rataverkon liikennepaikat ja niiden mitoittavat raidepituudet. Liikennepaikkojen valinnassa on huomioitu mitoittava raidepituus, jonka on oltava vähintään 725 metriä.



Kuva 17. Kiinteiden ilmaisimien sijaintipaikat rataverkolla, malli I.



Kuva 18. Siirrettävien ilmaisimien sijaintipaikat rataverkolla, malli II.



Kuva 19. Ilmaisimien täydennys tulevaisuudessa, malli III.

6.2 Kiinteiden ilmaisimien malli

6.2.1 Vainikkala

Venäjän ja Suomen välillä Vainikkalan kautta liikkuvien vaunujen pyörät saadaan tutkittua, kun ilmaisin sijoitetaan itärajan tuntumaan Vainikkalan kohdalle. Vainikkalasta kulkee päivittäin Sköldvikiin venäläisiä säiliövaunujunia, joiden bruttopaino on keskimäärin noin 4 500 tonnia. Sköldvikin ja Keravan välillä kuljetettiin vuonna 2006 yhteensä noin 1,9 milj. nettotonnia tavaraa. Vainikkalan ja Luumäen välillä kuljetettiin noin 6,7 milj. nettotonnia.

Venäjän ja Suomen välillä tehtiin henkilöliikenteen matkoja vuonna 2006 yhteensä 3,4 miljoonaa. Venäjän ja Suomen välillä liikkuu päivittäin kuusi henkilöliikenteen junaa, joista kaksi on suomalaista ja neljä venäläisiä. Junista Helsingin ja Pietarin välillä liikkuu päivittäin neljä ja Helsingin ja Moskovan välillä liikkuu kaksi.

Vainikkalan ja Luumäen välissä sijaitsevat liikennepaikat Pulsa (km 262+491) ja Raippo (km 270+052), joissa on mitoittavan raidepituuden puolesta mahdollista ottaa juna sivuun hälytyksen sattuessa. Pulsan mitoittava raidepituus on 1 872 metriä ja Raipon 1 890 metriä. Pyörävoimailmaisimen sijaintipaikaksi soveltuu Vainikkalan asema, jos käytetään sellaisia ilmaisimia, jotka pystyvät mittaamaan pienillä nopeuksilla liikkuvia junia. Vainikkalan asemalla ei sijaitse valmiita kuumakäynti-ilmaisimen laitetiloi, jonka vuoksi laitetilat on rakennettava asemalle. Junat voidaan ohjata joko Pulsaan tai Raippoon, jos ilmaisimen ylityksessä sattuu välittömän toimenpiteen vaativa hälytys.

6.2.2 Niirala

Uimaharjulla sijaitsee sellutehdas, jonka vuoksi Niiralan ja Uimaharjun välillä on paljon tavaraliikenteen kuljetuksia. Niiralan kautta kulkevia junia voidaan seurata sijoittamalla ilmaisin Venäjän rajan läheisyyteen. Vuonna 2006 Niiralan ja Säkäniemen välillä kuljetettiin noin 2,9 milj. nettotonnia tavaraa. Näistä kuljetuksista itäisten kuljetuksien osuus oli yli 90 %.

Pyöräviolliset venäläiset vaunut on tarpeellista kitkeä pois Suomen rataverkolta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jolloin Niiralan asema on otollinen ilmaisimen sijoituspaikka. Asemalla ei ole kuumakäynti-ilmaisinta, jonka vuoksi tietoliikenneyhteyksien laitetilat täytyy rakentaa pyörävoimailmaisimelle. Juna voidaan ajaa välitöntä toimenpidettä vaativan hälytyksen jälkeen sivuraiteelle Niiralan ja Säkäniemen välillä Tohmajärvelle (km 571+752), jossa mitoittava raidepituus on 745 metriä. Asemalle soveltuu sellainen pyörävoimailmaisim, joka pystyy antamaan luotettavia mittaustuloksia junan liikkeessä pienillä nopeuksilla.

6.2.3 Vartius

Vartiuksen tavaraliikenteestä suuri osa on transitoliikennettä. Vartiuksen ja Ykspihlajan välillä liikkuu venäläisiä avovaunuja, joiden bruttopaino on keskimäärin noin 5 300 tonnia. Vuonna 2006 Vartiuksen ja Kontiomäen välillä kuljetettiin noin 3,6 milj. nettotonnia tavaraa, josta itäistä liikennettä oli noin 1,1 milj. nettotonnia. Ykspihlajan ja Vartiuksen

välillä liikkui vuonna 2006 yhteensä 2,3 milj. nettotonnia transitoliikennettä, mikä on noin 55 % Suomen koko transitoliikenteestä. Suomessa oli transitoliikennettä kaiken kaikkiaan 4,2 miljoonaa nettotonnia vuonna 2006.

Pyörävoimailmaisoin asennetaan Vartiuksen asemalle, jolloin saadaan mahdollisimman varhaisessa vaiheessa tutkittua venäläisen kaluston mahdolliset pyöräviat. Välitöntä toimenpidettä vaativan hälytyksen jälkeen juna voidaan ohjata sivuun Ypykkävaarassa (km 729+780), jossa mitoittava raidepituus on 786 metriä. Myös Vartiukseen soveltuu sellainen pyörävoimailmaisimen laitetyyppi, joka pystyy mittaamaan pienillä nopeuksilla liikkuvia junia. Vartiuksen asemalla ei tällä hetkellä sijaitse kuumakäynti-ilmaisinta.

6.2.4 Imatrankoski

Imatrankosken ja Imatran välillä kuljetettiin vuonna 2006 yhteensä noin 1,5 milj. nettotonnia tavaraa. Tonnimäärällisesti tavaramäärää ei ole yhtä paljon kuin muissa Venäjän ja Suomen rajanylityspaikoissa, mutta Imatrankosken rajalle sijoitettava ilmaisin on silti merkittävä, jotta kaikki venäläiset vaunut saadaan kattavasti tarkistettua. Ilmaisin sijoitetaan Imatrankosken kohdalle, jolloin juna voidaan välitöntä toimenpidettä vaativan hälytyksen jälkeen ajaa sivuun Imatran tavarapihalle (km 331+267). Imatralla mitoittava raidepituus on 935 metriä. Imatrankoskella ei sijaitse tällä hetkellä kuumakäynti-ilmaisinta, joten pyörävoimailmaisimelle täytyy rakentaa omat laitetilat. Asema soveltuu hyväksi pyörävoimailmaisimen sijoituspaikaksi, jos Ratahallintokeskus päätyy hankkimaan sellaiset ilmaisimet, jotka pystyvät mittaamaan junien ajaessa pienillä nopeuksilla.

6.2.5 Utti

Tavaraliikenteen vilkkain rataosuus vuonna 2006 kuljetettujen tonnimäärien perusteella on kaksiraiteinen rataosuus Kouvola–Luumäki. Vuonna 2006 Luumäen ja Kouvolan välillä kuljetettiin yhteensä 10,1 milj. nettotonnia. Suuri osa tällä rataosuudella liikkuvista junista on Vainikkalasta tai Imatrankoskelta Sköldvikiin, Haminaan ja Kotkaan liikkuvia venäläisiä junia. Venäjän rajalle Imatrankoskelle, Niiralaan ja Vainikkalaan sijoitettavat pyörävoimailmaisimet tarkastavat venäläisten vaunujen pyöräviat. Kouvola–Luumäki-rataosuudella liikkuu myös kotimaisia kuljetuksia. Luumäki–Kouvola-rataosuudella vuonna 2006 kuljetetuista tonneista noin 35 % oli kotimaisia tavarakuljetuksia. Lauritsalassa sijaitsee UPM-Kymmene tehdas, josta viedään tavaraa Kouvolan kautta mm. Haminaan ja Kotkaan. Tavaraliikenteen vakinaisista aikataulujen mukaan Utin ohitse Imatrasta, Lauritsalasta ja Kuusankoskelta kulkee päivittäisiä tavarajunia Haminaan ja Kotkaan (RHK 2007f).

Kouvola–Luumäki-rataväli on kaksiraiteinen. Utissa on tällä hetkellä testattavana pyörävoimailmaisimen prototyyppi, joka on sijoitettu pohjoiselle raiteelle. Utin pyörävoimailmaisimen paikan tulisi olla pysyvä, sillä Utin kohdalla saadaan tarkasteltua kattava määrä tavara- ja henkilövaunuja. Pyörävoimailmaisimet on tarpeellista sijoittaa sekä pohjoiselle että eteläiselle raiteelle. Juna voidaan akuutin hälytyksen sattuessa ajaa sivuun itään päin liikuttaessa joko Kouvolan tavarapihalle (km 194+050) tai Kouvolan lajittelupaikalle (km 192+570). Länteen päin kulkeva juna voidaan vastaavasti ajaa akuutin hälytyksen sattuessa sivuraiteelle Kaipiaisissa (km 214+451). Liikennepaikkojen

mitoittavat raidepituudet ovat seuraavat: Kouvola tavara 945 metriä, Kouvola lajittelu 906 metriä ja Kaipiainen 804 metriä.

Etelä-Suomessa on transitoliikennettä väleillä Vainikkala–Hamina ja Vainikkala–Kotka. Utin ilmaisin kattaa edellä mainitut yhteysvälit. Vuonna 2006 Luumäki–Kouvola-osuudella liikkui yhteensä 1,9 milj. nettotonnia transitoliikennettä.

Helsingistä Kouvolan kautta Joensuuhun kulkevat henkilöliikenteen junat ovat tyypiltään InterCity-junia ja Pendolinoja. Henkilöliikenteen vuorojen määrä Kouvola–Luumäki-rataosuudella on 20 junaa päivässä. Venäjän ja Suomen välillä kulkee Utin ohitse kolme junaparia päivässä.

6.2.6 Kulju

Raahessa ja Hämeenlinnassa sijaitsee Rautaruukki Oyj:n tehtaات ja näiden kahden paikkakunnan välillä liikkuu päivittäin tavaraliikenteen junia. Raahen ja Tuomiojan välillä kuljetettiin vuonna 2006 yhteensä 5 253 tuhatta nettotonnia tavaraa. Hämeenlinnan ja Toijalan välillä kuljetettiin 5 174 tuhatta nettotonnia tavaraa. Reitti Raahesta Hämeenlinnaan etenee Kokkolan ja Tampereen ratapihojen kautta. Raahen Rautaruukista kulkee päivittäin kelajunia rataa pitkin, ja kuljetukset muodostavat merkittävän osan kotimaisista tavaraliikenteen kuljetuksista. Tampereen ja Toijalan välinen rata on liikenteellisesti merkittävä myös siitä syystä, että kyseisen radan kautta kuljetetaan tavaraa Siilinjärven Kemiran lannoitetehtaalta ja kaivoksesta Uuteenkaupunkiin. Siilinjärven ja Uudenkaupungin välinen reitti kulkee Jyväskylän ja Tampereen kautta Toijalaan ja sieltä Turkuun. Tampereen ja Toijalan välillä kuljetukset ohittavat Kuljun sijaintipaikan.

Kotimaisten tavaraliikenteen kuljetuksien merkittävä yhteysväli on Helsingin ja Oulun välinen rata. Helsingin ja Oulun välinen rata on myös kaukoliikenteen henkilöjunien kannalta merkittävä yhteysväli. Helsingin ja Oulun välillä liikkuvat tavara- ja henkilöliikenteen junat saadaan tarkastettua kattavasti, kun ilmaisin sijoitetaan Tampereen ja Toijalan väliselle radalle Tampereen eteläpuolelle Kuljuun. Toijalan ja Tampereen välinen rata on kaksiraiteinen, jonka vuoksi pyörävoimailmaisimet sijoitetaan kahdelle raiteelle.

Tampereen ja Helsingin osuudella InterCity2-junien vuoroja tehdään yhteensä 32 kappaletta päivässä. Tampereen ja Turun välillä InterCity-junilla on kaksi vuoroa päivässä. Toijala–Turku välillä Pendolinoilla on 11 vuoroa päivässä. Sinisillä taajama- ja pikajunilla on vuoroja Tampere–Turku välillä 14 kappaletta päivässä.

Kulju on optimaalinen paikka pyörävoimailmaisimen sijaintipaikaksi, sillä Tampereen ja Toijalan välillä liikkuu suuri määrä sekä henkilö- että tavaraliikenteen junia. Kaksiraiteisella Toijala–Tampere välillä on kuljetettu tavaraa kokonaisuudessa 5 632 tuhatta nettotonnia vuonna 2006. Näistä tavarakuljetuksista 5 257 tuhatta nettotonnia on kotimaisia kuljetuksia. Toijalan ja Turun välillä kuljetettiin vuonna 2006 yhteensä noin 1 549 tuhatta nettotonnia tavaraa.

Kuljun piste kattaa seuraavat yhteysvälit: Raahen–Hämeenlinna, Helsinki–Oulu ja Siilinjärvi–Uusikaupunki. Helsingistä Tampereen kautta liikkuvat henkilöjunat suuntaavat Tampereelle, Ouluun, Vaasaan, Joensuuhun ja Kuopioon. Kuljun ohittavat myös

henkilöjunat, jotka suuntaavat Turusta Ouluun, Pieksämäelle tai Kuopioon. Kuljussa sijaitsee kuumakäynti-ilmaisina, jonka laitetiloja voidaan hyödyntää pyörävoimailmaisimen tietoliikenneyhteyksille. Välitöntä toimenpidettä vaativan hälytyksen jälkeen juna voidaan pysäyttää etelään suunnatessa Toijalaan (km 147+339), jonka mitoittava raidepituus on 770 metriä. Junan suunnatessa pohjoiseen, juna voidaan ajaa Tampereen Viinikkaan (km 185+400) tai tavarapihalle (km 184+100). Tampereen Viinikan mitoittava raidepituus on 859 metriä ja tavarapuolen 808 metriä.

6.2.7 Harju

Kouvolasta liikkuu henkilöjunia Kuopioon, Ouluun ja Kajaaniin. Osa kyseisistä henkilöjunista on Helsingistä lähteviä Pendolinoja sekä InterCity-junia ja loput Kouvolasta lähteviä pikajunia. Kouvolan ja Pieksämäen välillä henkilöliikenteen junilla on päivittäin 13 vuoroa. Näistä vuoroista kaksi ajetaan Pendolinolla, viisi InterCitylla ja neljä pika- ja taajamajunilla. Kouvolan ja Kajaanin välillä liikkuvien henkilöjunien puolesta pyörävoimailmaisimen optimaalinen sijoituspaikka on välillä Kouvola–Kuopio. Kouvolan ja Kuopion välille sijoitetun pyörävoimailmaisimen avulla voidaan tarkastaa seuraavilla yhteysväleillä liikkuvat henkilöliikenteen junat: Kouvola–Kajaani, Kouvola–Oulu, Kouvola–Rovaniemi, Helsinki–Kajaani, Helsinki–Kuopio.

Jos ilmaisina sijoitetaan Pieksämäen ja Kuopion väliselle rataosuudelle voidaan tarkastella myös Jyväskylän ja Kuopion välillä liikkuvia henkilöjunia. Pieksämäen ja Kuopion välinen rataväli on otollinen ilmaisimen sijoituspaikaksi myös tavaraliikenteen kannalta, koska välillä saataisiin tarkastettua tavarajunat, jotka liikkuvat Siilinjärven ja Uudenkaupungin välillä. Ilmaisimen sijoittaminen Pieksämäen ja Kuopion väliin ei kuitenkaan lisää valvonnan kattavuutta, sillä tavaraliikenteen junat, jotka liikkuvat väliä Siilinjärvi–Uusikaupunki tarkastetaan Kuljun kohdalla. Jyväskylän ja Kuopion välillä liikkuvien henkilöjunien vuoksi ei ilmaisinta kannata asentaa Kuopion ja Pieksämäen väliin, sillä tämä ei tuo niin suurta hyötyä kuin Kouvolan ja Pieksämäen välille sijoitettava ilmaisina.

Kouvolan ja Mikkelin välillä tavaraliikennemäärät ovat suuria: Vuonna 2006 Kouvolan ja Mynttilän välillä tavaraa liikkui 2 099 tuhatta nettotonnia. Näistä kuljetuksista 1 931 tuhatta tonnia oli kotimaista liikennettä ja 164 tuhatta tonnia itäistä liikennettä. Kouvolan pohjoispuolella Harjussa sijaitsee kuumakäynti-ilmaisina, jonka laitetiloja voidaan hyödyntää pyörävoimailmaisimen tietoliikenneyhteyksille.

Pyörävoimailmaisina asennetaan yksiraiteiselle rataosuudelle Harjun kohdalle. Harjun ilmaisimen hälyttäessä tarvetta välittömälle toimenpiteelle juna voidaan ohjata Kouvolan tavarapuolen (km 194+050) tai lajittelupuolen (km 192+570) tai Selänpään (km 209+869) sivuraiteelle junan kulkusuunnasta riippuen. Kouvolassa riittää kapasiteettia henkilökunnan puolesta vaunujen vaihtoon, irrottamiseen ja mahdolliseen poistoon. Kouvolan mitoittava raidepituus tavarapuolella on 945 metriä ja lajittelupuolella 906 metriä. Selänpään mitoittava raidepituus on 802 metriä. Itä-Suomen alueella liikkuvat henkilöliikenteen junat katetaan hyvin Harjussa ja Utissa sijaitsevilla pyörävoimailmaisimilla.

6.2.8 Kalkku

Jämsä–Orivesi alueella kuljetettiin tavaraa vuonna 2006 yhteensä 3 894 tuhatta nettotonnia. Jämsä–Jyväskylä osuudella liikkui tavaraa 2 744 tuhatta nettotonnia vuonna

2006. Myös Tampereen ja Rauman välinen rata on tavaraliikenteen tonnimäärien perusteella merkittävä yhteys. Vuonna 2006 Tampereen ja Kokemäen välillä kuljetettiin yhteensä 4 101 tuhatta nettotonnia tavaraa.

Oriveden ja Jyväskylän välillä henkilöliikenteen vaunuilla on yhteensä 22 vuoroa päivässä. Oriveden ja Jyväskylän välillä liikkuu junatyyppejä seuraavasti: Pendolinoilla on viisi vuoroa päivässä, InterCity-junilla seitsemän vuoroa päivässä ja sinisillä taajama- ja pikajunilla kahdeksan vuoroa päivässä. Henkilöliikenteen vaunuista InterCity-junat ja Pendolinot, jotka liikkuvat väleillä Helsinki–Pieksämäki, Turku–Pieksämäki, Helsinki–Jyväskylä ja Turku–Kuopio, saadaan tarkastettua Kuljun ilmaisimen kohdalla. Lähes kaikki henkilöliikenteen vanut, jotka liikkuvat Tampere–Jyväskylä välillä tarkastetaan Kuljun ilmaisimen kohdalla.

Jämsänkoscilla sijaitsee UPM-Kymmene paperi- ja sellutehdas, josta on tavaraliikenteen kuljetusyhteys Tampereen kautta Raumalle ja Poriin. Nämä kaksi reittiä ovat tavaraliikenteen kotimaisten kuljetusten kannalta merkityksellisiä.

Vuonna 2006 Oriveden ja Korkeakosken välillä kuljetettiin 907 tuhatta nettotonnia tavaraa, mikä ei ole niin merkittävä määrä tonneissa. Vilppulan ja Oriveden välillä tehtiin 60 tuhatta henkilömatkaa vuonna 2006. Tampereen ja Haapamäen välillä liikkuu kiskobusseja, jotka ajavat tekevät kuusi vuoroa päivässä. Kiskobussit eivät riitä perusteeksi sijoittaa kahta kiinteää ilmaisinta kaksiraiteiselle välille Orivesi–Tampere.

Pyörävoimailmaisoin sijoitetaan yksiraiteiselle rataosuudelle Tampere–Rauma/Pori, koska kyseisellä rataosuudella saadaan kattavammin vaunuja tarkastettua kuin Tampereen ja Jyväskylän välillä. Tampere–Rauma välillä saadaan edelleen tarkastettua Jämsänkoscen UPM-Kymmene tehtaan ja Rauman väliset tavaraliikenteen kuljetukset. Tämän lisäksi kyseisellä rataosuudella saadaan tarkastettua Tampereen ja Porin välillä liikkuvat henkilöliikenteen pika- ja taajamajunien pyörät, joilla on kymmenen vuoroa päivässä. Tavaraliikenteen tonnimäärien mukaan välit Orivesi–Tampere ja Lielahden–Kokemäki eivät eroa paljon toisistaan. Jos ilmaisimien sijoitetaan Lielahden–Kokemäki osuudelle, saadaan junien pyörien tarkastusten kattavuutta parannettua. Osa Oriveden ja Tampereen välillä liikkuvista junista tarkastetaan Kuljun ilmaisimen kohdalla. Sen sijaan Lielahden ja Kokemäen osuudella saadaan tarkastettua Oriveden ja Tampereenkin välillä liikkuvia junia, joita ei ole tarkastettu vielä minkään muun ilmaisimen kohdalla.

Lielahden ja Kokemäen rataosuudella sijaitsee kuumakäynti-ilmaisimien Kalkussa, jonne laittilojen puolesta voidaan asentaa myös pyörävoimailmaisimien. Nokia (km 204+004) ja Siuro (km 213+355) sijaitsevat Kalkun länsipuolella, jonne akuutin hälytyksen sattuessa voidaan juna ajaa jommankumman liikennepaikan sivuraiteelle viiveestä riippuen. Vaunujen liikkussa Kokemäestä Lielahden suuntaan Tampereen Viinikkaa (km 185+400) tai Tampereen tavarapuolta (km 184+100) voidaan käyttää liikennepaikkana akuutin hälytyksen vaatiessa välitöntä toimenpidettä. Tampereella on kapasiteettia suorittaa hälytyksen jälkeisiä toimenpiteitä mitoittavan raidepituuden sekä VR:n henkilöstön puolesta. Tampereen mitoittavat raidepituudet ovat: Tampereen Viinikka 859 metriä ja Tampereen tavarapuolta 808 metriä.

6.2.9 Tupos

Länsi-Suomessa Kokkolan ja Oulun välisellä radalla liikkuu paljon raskasta liikennettä Raahessa sijaitsevan Rautaruukin tehtaan sekä Kokkolan sataman vuoksi. Tornion ja Oulun välinen rata on ainoa Lappiin vievä yhteys, jonka vuoksi kaikki Lappiin menevät ja sieltä pois tulevat tavara- ja henkilöliikenteen junat kulkevat Oulun kautta. Ylivieskan ja Kokkolan välillä kuljetettiin vuonna 2006 yhteensä 6 533 nettotonnia tavaraa, mikä on Oulun ja Kokkolan välisen rataosuuden suurin nettotonnimäärä. Pohjoinen liikenne vaatii oman ilmaisimen, sillä tavaraliikenteen tonnimäärät ovat suuria etenkin väleillä Vartius–Oulu ja Kokkola–Oulu. Tampereen ja Kokkolan välillä liikkuu paljon junia, joista Kuljuun sijoitettava ilmaisin tarkastaa merkittävän osan, sillä osa vaunuista liikkuu Helsingin ja pohjoisen välillä. Kokkolaan ja Ykspihlajaan kuljetetaan päivittäin tavaraa Oulusta, Ylivieskasta ja Haapajärven suunnalta.

Helsingin ja Oulun välinen henkilöliikenne voidaan tarkastaa Kuljun kohdalla. Vuorojen määrä Tampereen ja Oulun välillä on seuraava: Ylivieska–Oulu 20 vuoroa päivässä, Kokkola–Ylivieska 20 vuoroa päivässä, Seinäjoki–Kokkola 22 vuoroa päivässä ja Tampere–Seinäjoki 23 vuoroa päivässä. Suuri osa Kokkolan ja Ylivieskan välillä liikkuvasta henkilöliikenteestä on Helsingistä lähteneitä tai sinne suuntaavia kaukoliikenteen junia, jotka ohittavat Kuljun pyörävoimailmaisimen. Tampereen ja Oulun välillä liikkuvat junat ovat tyypiltään InterCity-junia, Pendolinoja ja pikajunia. Tampereelta Vaasaan liikkuu yksi pikajuna päivässä. Henkilöliikenteen matkoja tehtiin Ylivieskan ja Kokkolan välillä yhteensä 930 tuhatta vuonna 2006.

Vakituista aikataulua noudattavia tavarajunia kulkee seuraavilla väleillä: Kokkola–Oulu, Kokkola–Kemi, Kokkola–Ylivieska, Ylivieska–Oulu, Ylivieska–Kemi, Tampere–Oulu, Kokkola–Pietarsaari, Kokkola–Tampere, Kokkola–Seinäjoki, Kokkola–Kemi, Oulu–Helsinki. Pyörävoimailmaisimella on hyvä asentaa lähelle merkittävää liikennepaikkaa Oulua, jolloin saadaan tarkastettua Vartiuksen ja Kokkolan/Ykspihlajan välillä liikkuva tavaraliikenne, josta suurin osa on transitoliikennettä. Kontiomäen ja Oulun välillä kuljetettiin vuonna 2006 yhteensä 4 935 tuhatta nettotonnia tavaraa. Näistä kuljetuksista 2 316 tuhatta nettotonnia on tansitokuljetuksia.

Vartiuksen ja Kokkolan välillä liikkuvat junat tarkastetaan Vartiuksessa. Myös Kuljussa sijaitseva ilmaisin kattaa suuren osan Länsi- ja Pohjois-Suomessa liikkuvista junista. Kuljuun ja Vartiukseen sijoitettavat pyörävoimailmaisimet eivät kuitenkaan kata vakituista aikataulua noudattavien junien seuraavia yhteysvälejä: Kokkola–Oulu, Kokkola–Kemi, Kokkola–Ylivieska, Ylivieska–Oulu, Ylivieska–Kemi, Tampere–Oulu, Kokkola–Pietarsaari, Kokkola–Tampere, Kokkola–Seinäjoki, Kokkola–Kemi.

Pohjois-Suomen ilmaisimen sijoituspaikaksi soveltuu Oulun eteläpuolella sijaitseva Tupos (km 539+725), jossa sijaitsee kuumakäynti-ilmaisimella, jonka laitetiloja voidaan hyödyntää pyörävoimailmaisimelle. Tuomiojan ja Oulun välinen rataosuus on yksiraiteinen, jolloin yhdellä ilmaisimella saadaan tarkastettua sekä pohjoiseen että etelään liikkuvat junat. Rautaruukin ja Oulun välillä liikkuu arkisin ja lauantaisin vakioaikataulua noudattava tavarajuna molempiin suuntiin. Oulun eteläpuolella Tupoksen kohdalla saadaan tarkastettua myös kaikki Ylivieskasta ja Kokkolasta pohjoiseen ja takaisin liikkuvat junat. Ilmaisimen hälyttäessä välitöntä toimenpidettä junan ajaessa Tupoksen ohi pohjoiseen juna voidaan ottaa sivuun Oulussa. Oulun Tuiran mitoittava raidepituus on 761 m, Oulun

tavaran 818 m ja Oulun Nokelan 920 m. Junan ajaessa etelään se voidaan ottaa sivuun joko Limingassa (728+483) tai Hirvinevassa (715+500) hälytyksen viiveestä riippuen. Limingan liikennepaikan mitoittava raidepituus on 775 m ja Hirvinevan 862 m.

6.2.10 Madekoski

Tällä hetkellä pohjoisessa ei ole ilmaisinta, joka tarkastaisi Kemin ja Oulun tai Kajaanin ja Oulun välillä liikkuvien henkilöjunien pyörät. Kontiomäen ja Oulun välillä liikkuva tavaraliikenne on miltei kokonaan katettu Vartiuksen asemalla sekä Oulun eteläpuolella sijaitsevan Tupoksen kohdalla, sillä suuri osa tällä alueella liikkuvista tavarakuljetuksista on transitoliikennettä, jotka kulkevat yhteysvälillä Vartius–Ykspihlaja/Kokkola.

Kajaanin ja Oulun välillä liikkuu henkilöliikenteen pika- ja taajamajunia. Näillä henkilöliikenteen junilla on 8 vuoroa päivässä. Oulun ja Kemin välillä liikkuvilla henkilöjunilla on 12 vuoroa päivässä, jotka ajetaan InterCity-junilla sekä taajama- ja pikajunilla. Pendolinoja ei liiku Oulun ja Kemin välillä. Oulun ja Tornion rata on yksiraiteinen ja sähköistetty Oulusta Laurilaan saakka. Vuonna 2006 Oulun ja Kemin välillä tehtiin 565 tuhatta henkilöliikenteen matkaa. Oulun ja Kontiomäen välillä tehtiin samana vuonna 135 tuhatta henkilöliikenteen matkaa, mikä on huomattavasti vähemmän verrattuna junakaluston tarjonnan määrään.

Kajaanin ja Oulun sekä Kajaanin ja Rovaniemen välillä liikkuu taajamajunia, joita ei valvota minkään edellä mainitun ilmaisimen kohdalla. Yhteysvälillä Kouvola–Rovaniemi/Oulu liikkuvat henkilöliikenteen pikajunat tarkastetaan Harjun ilmaisimen kohdalla. Kajaanin aseman aikataulun mukaan Kajaanista lähtee päivittäin kolme taajama- tai pikajunaa Ouluun/Rovaniemelle. Rovaniemen ja Kemin asemien aikataulujen mukaan molemmilta asemilta liikennöi yksi pikajuna päivässä Kajaaniin. Oulusta liikennöi yksi pikajuna myös Iisalmeen, joka liikkuu päivittäin Oulun ja Kontiomäen välillä.

Tornion ja Oulun välinen reitti on ainut yhteys läntisille kuljetuksille. Oulun ja Kemin välillä kuljetettiin vuonna 2006 yhteensä 1 904 tuhatta nettotonnia tavaraa. Näistä kuljetuksista 120 tuhatta nettotonnia oli läntistä liikennettä. Ruotsin Kiirunassa sijaitsee malmikaivos, josta kuljetetaan vesiteitse suhteellisen paljon tavaraa Rautaruukkiin. Rautateitse yhteysväli Tornio–Oulu mahdollistaa malmikuljetukset muualle Suomeen.

Vartiuksen ja Kontiomäen välillä kuljetettiin vuonna 2006 yhteensä 4 935 tuhatta nettotonnia tavaraa, jonka vuoksi pyörävoimailmaisoin Madekosken kohdalle on perusteltu. Oulun eteläpuolelle Tupoksen kohdalle sekä Vartiukseen sijoitettavat ilmaisimet tarkastavat jo suurimman osan Vartiuksen ja Oulun välisestä tavaraliikenteestä. Tavara- liikenteen vakituista aikataulua noudatetaan seuraavilla välellä: Varkaus–Oulu ja Oulu–Kontiomäki.

Madekoski on ilmaisimen sijoituspaikkana optimaalinen, sillä Oulun Tuirassa mitoittava raidepituus on 761 metriä, tavarapuolella 818 metriä ja Nokelassa 920 metriä. Oulussa on myös henkilöliikenteen puolesta tarpeeksi kapasiteettia ryhtyä akuutin hälytyksen jälkeisiin toimenpiteisiin. Madekosken itäpuolella juna voidaan pysäyttää mitoittavan raidepituuden puolesta Muhokseen (km 788+424) tai Pikkaralaan (km 771+765) hälytyksen viiveestä riippuen. Muhoksen mitoittava raidepituus on 1051 m ja Pikkaralan 779 m.

6.3 Kiinteiden ja siirrettävien ilmaisimien malli

6.3.1 Madekoski

Kolmas malli sisältää ehdotuksen Madekosken kiinteän ilmaisimen muuttamisesta siirrettäväksi ilmaisimeksi. Suuri osa Kontiomäki–Oulu välillä liikkuvista junista tarkastetaan Vartiuksen ja Tupoksen ilmaisimien kohdalla. Edellisessä mallissa kiinteä ilmaisin sijoitettiin Madekosken kohdalle, sillä Oulun ja Kontiomäen välillä liikkuu henkilöliikenteen junia pohjoiseen/pohjoisesta, jotka eivät tule tarkastetuksi minkään ilmaisimen kohdalla. Näiden vaunujen tarkastaminen on kannattavampaa tehdä siirrettävällä ilmaisimella kuin kiinteällä ilmaisimella, sillä näiden vaunujen määrällinen osuus ei ole suuri. Siirrettävä ilmaisin sijoitetaan Madekosken kohdalle Oulun ja Kontiomäen välillä liikkuvan henkilöliikenteen vuoksi. Ilmaisimen sijoituspaikan perustelut ovat samat kuin kohdassa 6.2.10. Madekoski sijaintipaikkana palvelee seuraavia henkilöliikenteen yhteysvälejä: Kajaani–Oulu/Rovaniemi, Kemi/Kemijärvi–Kajaani ja Oulu–Iisalmi. Myös tavaraliikenteen yhteysväleillä Oulu–Kontiomäki sekä Varkaus–Oulu liikkuvat vaunut tarkastetaan Madekosken kohdalla.

6.3.2 Tammisaari, Inkoo

Karjaan ja Hangon välillä kuljetettiin vuonna 2006 yhteensä noin 1,2 miljoonaa nettotonnia tavaraa. Tavaraliikenteen pendeliliikennettä kulkee välillä Kirkniemi–Hanko. Kirkniemessä sijaitsee mm. Metsä-Serlan tehtaat sekä M-Real, joiden toimintaan liittyy rautatiekuljetuksia. Hangon ja Karjaan välillä kulkee myös henkilöliikenteen kiskobusseja, joilla on 14 vuoroa vuorokaudessa. Karjaan ja Hangon välisiä kiskobusseja ei tarkasteta minkään aiemmin ehdotetun ilmaisimen kohdalla.

Helsingin ja Turun välillä liikkuu myös henkilöliikenteen junia. Henkilöliikenteen matkoja tehtiin vuonna 2006 välillä Turku–Karjaa lähes 1,3 miljoonaa ja välillä Helsinki–Karjaa 1,5 miljoonaa. Helsingin ja Karjaan välillä liikkuvilla henkilöliikenteen junilla on 34 vuoroa vuorokaudessa. Rantaradalla liikennöi Pendolinoja, InterCity-junia sekä sinisiä taajama- ja pikajunia. Tavaraliikenteen osuus rantaradalla ei ole kovin merkityksellinen. Vuonna 2006 Helsinki–Karjaa välillä kuljetettiin yhteensä noin 0,16 miljoonaa nettotonnia tavaraa ja Turku–Karjaa välillä noin 0,14 miljoonaa nettotonnia.

Karjaan ratapiha on optimaalinen kiinteän ilmaisimen sijoituspaikka, sillä rantaradan ja Kirkniemi–Hanko välien raiteet risteävät siellä. Ilmaisim voidaan asentaa Karjaan ratapihalle, jos se pystyy tuottamaan luotettavia tuloksia junien ajaessa alhaista nopeutta. Useat ilmaisimet vaativat toimiakseen tietyn nopeuden ja ratapihoilla junat liikkuvat alhaisilla nopeuksilla. Karjaan ja Hangon välillä liikkuvien kiskobussien pyörät jäisivät tarkastamatta, jos ilmaisim asennettaisiin Karjaan asemalle. Tämän vuoksi kolmas malli sisältää ehdotuksen siirrettävän ilmaisimen käytöstä väleillä Helsinki–Turku ja Kirkniemi–Hanko rataosuuksilla.

Kirkniemen ja Hangon välissä sijaitsevat Lappohja (km 189+639) ja Karjaa (km 157+817) soveltuvat mitoittavan raidepituuden puolesta liikennepaikoiksi, joissa juna voidaan mahdollisen akuutin hälytyksen jälkeen ohjata radalta sivuraiteelle. Lappohjan mitoittava raidepituus on 773 metriä ja Karjaan 785 metriä. Kirkniemi–Hanko osuudella siirrettävän ilmaisimen hyväksi sijaintipaikaksi soveltuu Tammisaari. Tammisaarella sijaitsee kuuma-

käynti-ilmaisim, jonka laitetoja voidaan hyödyntää pyörävoimailmaisimen tietoliikenne-yhteyksille.

Vuoden 2006 tonnimäärien perusteella väli Helsinki–Karjaa soveltuu siirrettävän ilmaisimen sijoituspaikaksi. Inkoossa on tällä hetkellä kuumakäynti-ilmaisim, jonka tietoliikenneyhteyksiä voidaan hyödyntää pyörävoimailmaisimen käyttöön. Pyörävoimailmaisim asennetaan Inkoon kohdalle, jolloin sen länsipuolella sijaitseva Karjaa (km 157+817) soveltuu mitoittavan raidepituuden puolesta liikennepaikaksi, jossa juna voidaan välitöntä toimenpidettä vaativan hälytyksen jälkeen ajaa sivuun. Karjaan mitoittava raidepituus on 785 m. Helsingin ja Karjaan välisellä rataosuudella ei ole Karjaan lisäksi muita liikennepaikkoja, jotka olisivat raidepituudeltaan vähintään 725 metriä. Tämä johtuu siitä, että Helsinki–Turku-radalla liikkuu pääosin henkilöjunia, joiden pituus ei ylitä 725 metriä. Inkoon itäpuolella suurin mitoittava raidepituus on Siuntion liikennepaikalla (km 51+285), jossa mitoittava raidepituus on 507 metriä.

6.3.3 Kangasala

Suuri osa Tampereen itäpuolen rataosuudella Tampere–Jyväskylä liikkuvista henkilö- ja tavaraliikenteen junista tarkastetaan Kuljun ja Kalkun ilmaisimien kohdalla. Tampereen ja Jyväskylän välillä liikkuu kuitenkin sellaisia junia, joita ei tarkasteta minkään esitetyn ilmaisimen kohdalla.

Tampereen ja Haapamäen välillä henkilöliikenteen junilla on kuusi vuoroa päivässä. Vuonna 2006 Oriveden ja Vilppulan välillä tehtiin 60 000 henkilöliikenteen matkaa ja Vilppulan ja Haapamäen välillä 35 000 henkilöliikenteen matkaa. Vuonna 2006 Oriveden ja Korkeakosken välillä kuljetettiin tavaraa 0,9 miljoonan nettotonnin edestä. Korkeakoskella sijaitsee UPM-Kymmene konserniin kuuluva Korkeakosken Saha ja JPJ-Wood Oy. Juupajoella on sahateollisuuden keskittymä, joka tuottaa vuosittain laitoksissaan noin 300 000 m³ sahatavaraa (Juupajoen kunta 2007).

Tampereen ja Vilppulan välillä liikkuu jonkin verran tavaravaunuja, joiden reitit eivät ulotu Kuljun tai Kalkun ilmaisimiin saakka. Vuonna 2006 Korkeakosken ja Vilppulan välillä kuljetettiin tavaraa 700 tuhatta nettotonnia. Tampereen ja Oriveden välille ei ole kannattavaa asentaa kiinteää ilmaisinta, koska rata on kaksiraiteinen, jolloin osuudelle tarvittaisiin kaksi ilmaisinta. Tämän lisäksi suuri osa kyseisellä välillä liikkuvasta kalustosta tarkastetaan Kalkun ja Kuljun ilmaisimien kohdalla. Rataosuudelle voidaan kuitenkin asentaa siirrettävä ilmaisim, jonka sijaintipaikkaa voidaan vaihtaa pohjoisen ja eteläisen raiteen välillä. Tampereen ja Oriveden välissä sijaitsee Kangasala, jossa on tällä hetkellä kuumakäynti-ilmaisim. Paikka soveltuu myös siirrettävän pyörävoimailmaisimien sijoituspaikaksi. Kangasalan kohdalla saadaan tarkistettua myös seuraavilla yhteysväleillä liikkuvat tavarajunat: Tampere–Juupajoki, Tampere–Korkeakoski ja Tampere–Vilppula. Kangasalan ilmaisimella saadaan tarkastettua myös Tampereen ja Haapamäen välillä liikkuvien henkilöliikenteen taajamajunien ja kiskobussien pyörät. Tämän lisäksi saadaan tarkastettua Tampereen ja Jyväskylän välillä kulkevat henkilöjunat, joiden lähtöpaikkana on Tampere. Tampereen ja Jyväskylän välillä liikkuu jonkin verran tavarajunia, jotka noudattavat vakioaikataulua, ja joita ei tarkasteta Kalkun tai Kuljun kohdalla, vaan junat suuntaavat Poriin, Raumalle tai Pohjois-Suomeen.

Kangasalan länsipuolella liikennepaikkoina toimivat Tampereen Viinikka (km 185+400), jonka mitoittava raidepituus on 859 metriä ja Tampereen tavara (km 184+100), jonka mitoittava raidepituus on 808 metriä. Kangasalan itäpuolella liikennepaikaksi soveltuu Orivesi (km 228+276), jonka mitoittava raidepituus on 796 m.

6.4 Valvonnan täydennys tulevaisuudessa

6.4.1 Nakkila

Porin ja Kokemäen välillä liikkuvista tavarajunista saadaan tutkittua suuri osa Kalkussa sijaitsevan ilmaisimen kohdalla. Tavaraliikenteen vakioaikatauluista havaitaan, että myös Harjavallan ja Mäntyluodon välillä on kuljetuksia, joita Kalkussa sijaitseva kiinteä ilmaisim ei kata. Vuonna 2006 Harjavallan ja Porin välillä kuljetettiin 1 324 tuhatta nettotonnia tavaraa ja Porin ja Tahkoluodon välillä 1 018 tuhatta nettotonnia. Harjavallassa sijaitsee Kemira GrowHow Oy:n tehdas, joka tuottaa puutarha-, kasvihuone-, metsä-, pelto-, avomaa-, ja golflannoitteita. Harjavallan tehtaat sijaitsevat nykyisin Harjavallan suurteollisuuspuistossa. Mäntyluodon tehdas on pohjoismaiden suurin sahatavarasatama, joka on erikoistunut konttiliikenteeseen, rikasteliikenteeseen ja raskasnostoprojekteihin. Harjavallan ja Mäntyluodon välisen tavaraliikenteen suuret tonnimäärät selittyvät Harjavallan tehtailla ja Mäntyluodon satamalla. Myös Tahkoluodossa sijaitsee satama, jonka kautta kulkee vuosittain noin 1,5 miljoonaa tonnia kuivabulkkia. Tahkoluodon satama on syväsatama, jonka päivittäinen purkukapasiteetti on noin 30 000 tonnia. Tahkoluodossa sijaitsee myös öljy- ja kemikaaliterminaali. (Porin satama 2007.)

Henkilöliikenteen junilla on 12 vuoroa päivittäin välillä Tampere–Pori. Tampereen ja Porin välillä liikkuvat junat ovat tyypiltään sinisiä pika- ja taajamajunia ja jokainen näistä junista ohittaa Kalkun kiinteän ilmaisimen. Jos Mäntyluodon ja Harjavallan läheisyyteen sijoitetaan ilmaisim, se valvoisi samoja henkilöliikenteen junia kuin Kalkussa sijaitseva ilmaisim. Tavaraliikenteen puolesta Mäntyluodon ja Harjavallan alueelle sijoitettava ilmaisim tuo lisää kattavuutta valvontaan, sillä alueella liikkuu paljon tavarakuljetuksien pendeliliikennettä. Mäntyluodon ja Harjavallan tavaraliikenteen suurien tonnimäärien takia siirrettävä ilmaisim on hyvä asentaa välille. Ilmaisim voidaan sijoittaa Porin ja Harjavallan välissä sijaitsevaan Nakkilaan. Mitoittavien raidepituuksien puolesta sopiviksi liikennepaikoiksi soveltuvat Kokemäki (km 284+442) ja Pori (km 322+278). Kokemäen mitoittava raidepituus on 795 metriä ja Porin 776 metriä. Nakkilassa ei sijaitse kuumakäynti-ilmaisinta, joten laitetilat täytyy rakentaa pyörävoimailmaisinta varten.

6.4.2 Ylistaro, Ilmajoki

Seinäjoen ja Vaasan välillä kulkee henkilöliikenteen InterCity-junia sekä sinisiä taajama- ja pikajunia. Henkilöliikenteen junilla on päivittäin 14 vuoroa kyseisellä rataosuudella. InterCity-junat liikkuvat Helsingin ja Vaasan välillä ja taajamajunat Seinäjoen ja Vaasan ja Jyväskylän ja Vaasan välillä. Vuonna 2006 Seinäjoen ja Vaasan välillä tehtiin 350 000 henkilöliikenteen matkaa. Henkilöliikenteen InterCity-junat saadaan tarkastettua jo Kuljun ilmaisimen kohdalla. Jyväskylä–Vaasa sekä Seinäjoki–Vaasa väleillä liikkuvia taajama- ja pikajunia ei tarkasteta vielä minkään aiemmin esitetyn ilmaisimen kohdalla. Vuonna 2006 Seinäjoen ja Vaasan välillä kuljetettiin 119 000 nettotonnia tavaraa. Samana vuonna Seinäjoen ja Kauhajoen välillä tavaraliikenteen kuljetuksia tehtiin 825 000 nettotonnia. Kaskisten ja Seinäjoen välillä ei ole henkilöliikennettä, mutta välillä liikkuu muutama

vakioaikataulua noudattavia tavaravaunuja päivittäin. Myös Tampereen ja Kaskisten välillä liikkuu vakioaikataulua noudattava tavaraliikenteen juna molempiin suuntiin arkisin kerran päivässä.

Kun valvontaa verkolla halutaan tulevaisuudessa täydentää, voidaan siirrettävän pyörävoimailmaisimen paikkaa vaihdella Seinäjoki–Vaasa sekä Seinäjoki–Kaskinen rataosien välillä.

Sopiva ilmaisimen sijoituspaikka välillä Seinäjoki–Vaasa on Ylistaro ja Seinäjoen ja Kaskisten välillä pyörävoimailmaisimen paikaksi soveltuu Ilmajoki. Seinäjoki–Vaasa rataosuudella akuutin hälytyksen liikennepaikoiksi soveltuvat Ylistaron osalta Seinäjoki tavara (km 416+580) ja Isokyrö (km 447+488). Seinäjoki–Vaasa osuudella ei ole liikennepaikkaa, joka olisi mitoittavalta raidepituudeltaan yli 725 metriä. Isokyrön mitoittava raidepituus on 550 metriä, joka on riittävä henkilöliikenteen junille. Seinäjoen tavarapuolen mitoittava raidepituus on 914 metriä. Seinäjoki–Kaskinen rataosuudella liikennepaikkoina toimivat Seinäjoki tavara (km 416+580) ja Kurikka (km 452+013). Kurikan mitoittava raidepituus on 811 metriä.

6.4.3 Laukaa

Äänekoskella on metalli-, metsä- ja elektroniikkateollisuutta (Äänekosken kunta 2007). Tavarajunien vakituisten aikataulujen mukaan Jyväskylän ja Äänekosken välillä kulkee päivittäin muutama juna molempiin suuntiin. Tämän lisäksi Äänekoskelta on yksi vuoro viitenä päivänä viikossa Keitelepuolelle (km 519+256). Henkilöliikenteen junia ei Äänekosken ja Jyväskylän välillä kulje. Täydentävien ilmaisimien mallissa esitetään Äänekosken vakioaikataulua noudattavien tavarajunien pyörien valvomista.

Jyväskylän Äänekosken välinen rataosuus on vain 47 km, jonka vuoksi valvonta ei ole välttämätöntä. Siirrettävä ilmaisin voidaan kuitenkin sijoittaa Laukaan kohdalle, jolloin hälytyksen aiheuttanut pyörävikainen juna voidaan ottaa sivuun Jyväskylässä (km 377+435) tai Äänekoskella (km 424+515). Jyväskylän mitoittava raidepituus on 842 m ja Äänekosken 683 m. Tarkastus näillä päätepysäkeillä tehdään joka tapauksessa, joten ilmaisimen sijoittaminen tälle rataosuudelle ei ole välttämätöntä.

6.4.4 Hiekkaharju, Luoma

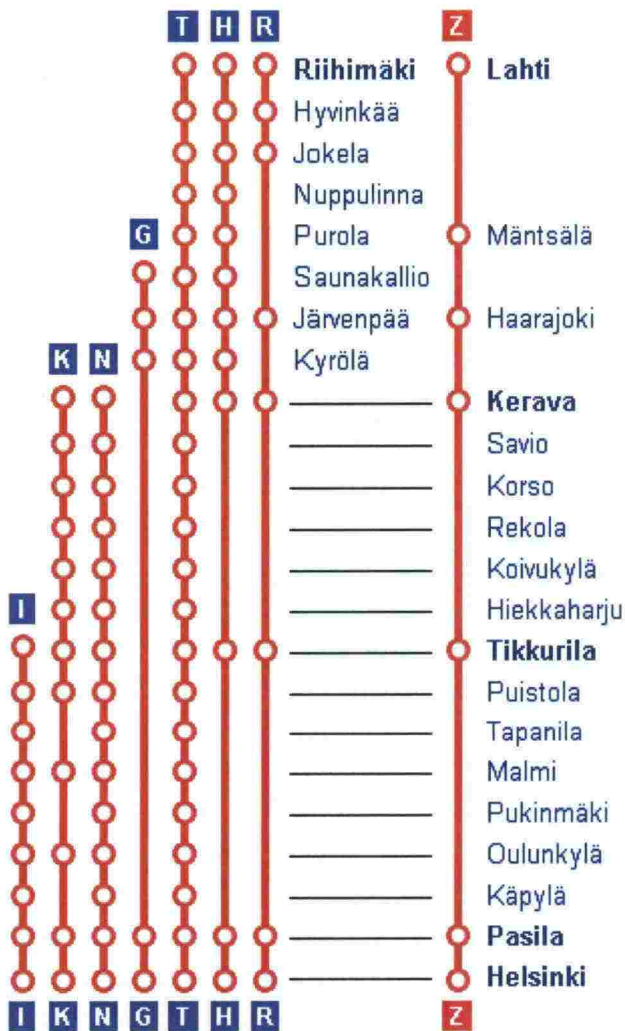
Pääkaupunkiseudun lähiliikenteessä liikkuu paljon henkilöliikenteen junia, jotka vaativat omia ilmaisimia. Pasilan ja Keravan välisellä osuudella raiteita on yhteensä neljä kappaletta, kuten myös Pasilan ja Leppävaaran välillä. Leppävaaran ja Kirkkonummen sekä Keravan ja Riihimäen osuudet ovat kaksiraiteisia. Keravan ja Lahden välinen Lahden oikorata on kaksiraiteinen. Kuvassa 20 on esitetty pääkaupunkiseudun lähiliikenteen rata.

Pääkaupunkiseutu

Helsingfors område • Helsinki area



Kuva 20. Pääkaupunkiseudun alue (RHK 2004b).



Kuva 21. Lähiliikenteen reitit pohjoisen suuntaan (VR 2007).

Kuvassa 21 on esitetty lähiliikenteen reitit pohjoiseen suuntaan. Henkilöliikenteen R- ja H-junat, tavarajunat ja kaukoliikenteen henkilöjunat käyttävät pohjoispuolen raiteista ensimmäistä raidetta Helsingin suuntaan ja toista raidetta Tikkurilan suuntaan. Muut lähiliikenteen junat käyttävät kolmatta raidetta Tikkurilan suuntaan ja neljättä raidetta Helsingin suuntaan. Liitteessä 15 on esitetty lähiliikenteen arkipäivän junamäärät 12.8.2007 alkaen pääkaupunkiseudulla. Liitteen mukaan Pasilan ja Tikkurilan välillä liikkuu yhteensä 274 junaa ja muilla raiteilla 129 junaa. Ensimmäisellä raiteella liikkuu 64 junaa, toisella 65 junaa, kolmannella 135 junaa ja neljännellä 139 junaa. Taulukossa 12 on laskettu lähiliikenteen junien vuorojen määrät linjakohtaisesti molempiin suuntiin. Vuorot on laskettu 9.12.2007 alkaneiden aikataulujen perusteella.

Taulukko 12. Lähijunien vuoromäärät linjakohtaisesti pohjoisraiteilla (VR 2007).

	G	H	I	K	N	R	Z	T
Ma-La		5	29	41	1	3	1	
Ma-Pe	6	12	99	84	10	16	15	2
Ma-Su		19			8	18	19	5
La		6	37	25	15	10	11	
La,Su		5	3		11	3	4	4
Su		10			72	10	10	

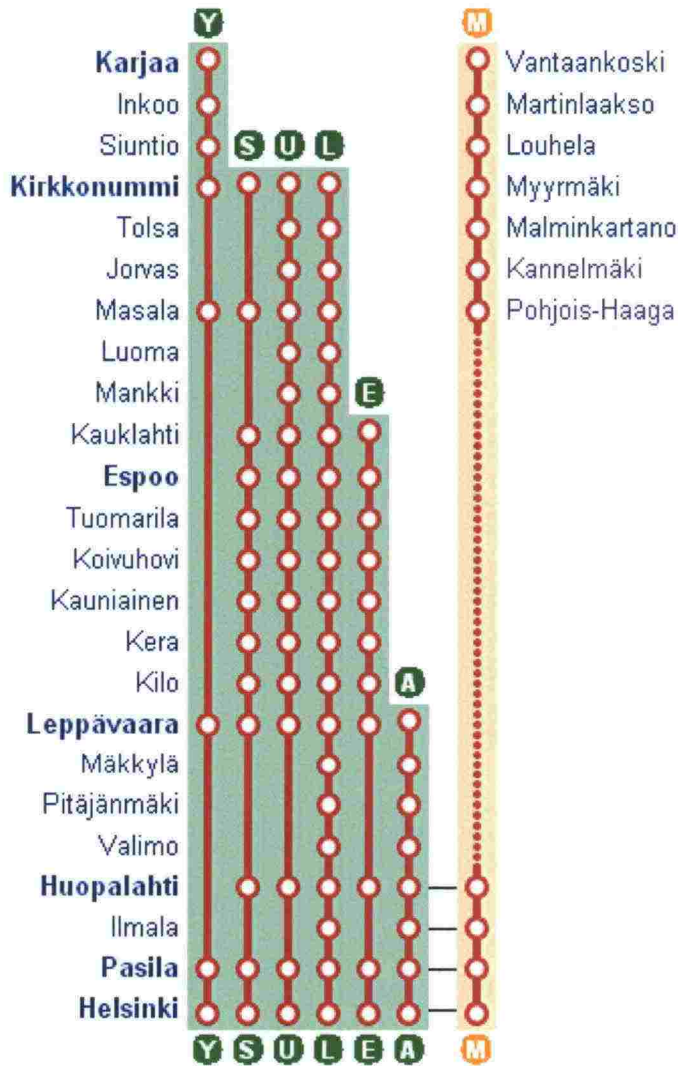
Taulukosta 12 havaitaan, että lähiliikenteen junista I-junilla on vuoroja eniten arkisin, yhteensä 99 kappaletta. Myös Keravan K-junalla on arkisin paljon vuoroja. Taulukossa 13 on esitetty lähijunien linjojen vuorojen määrä viikossa molempiin suuntiin. Vuorot on laskettu 9.12.2007 voimaantulleiden aikataulujen perusteella.

Taulukko 13. Lähijunien vuoromäärät viikossa pohjoisraiteilla (VR 2007).

G	H	I	K	N	R	Z	T
30	249	718	691	315	266	261	63

I-junilla on 718 vuoroa viikossa Helsingin ja Tikkurilan välillä. I-junia liikkuu Helsingin ja Tikkurilan välillä 127 kappaletta maanantain ja perjantain välillä, mikä on huomattava osuus Pasilan ja Tikkurilan välillä liikkuvien junien kokonaismäärästä 403 junaa. Vaunuyksiköiden vaihdot suoritetaan tavallisesti Helsingin ratapihalla, vaihtoja tehdään harvemmin esimerkiksi Leppävaarassa tai Tikkurilassa (Kylkilähti 2007).

Pyörävoimailmaisimet voidaan käytännössä sijoittaa kahdelle neljästä raiteesta, sillä vaunuyksiköiden vaihtoja ei tavallisesti tehdä muualla kuin Helsingissä ja junat palaavat Helsingin ratapihalle toista raidetta pitkin sellaisenaan. Ehdotuksena on, että pohjoisen suuntaan menevälle kaupunkiradalle ja kahdelle muulle raiteelle otetaan käyttöön kaksi kiinteää ilmaisinta. Tuolloin saadaan lähiliikenteen junien lisäksi tarkastettua myös kaukoliikenteen junat ja tavarajunat. Ilmaisimien paikaksi soveltuu Tikkurilan eteläpuolella sijaitseva Hiekkaharju, sillä Hiekkaharjussa on kuumakäynti-ilmaisimien, jonka laitteita voidaan hyödyntää pyörävoimailmaisimen tietoliikenneyhteyksille. Henkilöliikenteen junat kiertävät tasaisesti pääkaupunkiseudun alueella, joten Hiekkaharjun kohdalla jokainen henkilöliikenteen juna tulee tarkastettua. Tikkurilan (km 15+861) mitoittava raidepituus on 450 metriä. Keravan aseman (km 28+869) mitoittava raidepituus on 537 metriä. Nämä liikennepaikat toimivat akuutin hälytyksen sattuessa liikennepaikkoina, joiden sivuraiteelle juna voidaan ottaa tarkastettavaksi.



Kuva 22. Lähiliikenteen reitit lännen suuntaan (VR 2007).

Läntisen lähiliikenteen linjat on esitetty kuvassa 22. Leppävaaran ja Huopalahden välisellä osuudella on neljä raidetta. Liitteessä 15 on esitetty Helsingin lähiliikenteen junamäärät 12.8.2007 alkaen. Liitteestä 15 havaitaan, että Pasilan ja Huopalahden välin kahdella eteläisellä raiteella, liikkuu arkisin yhteensä 339 junaa. M-junat haarautuvat kaupunkiradalta pohjoiseen Vantaankosken suuntaan ja niitä liikkuu rataosuudella yhteensä 193 arkisin. Huopalahden ja Leppävaaran kaupunkiradalla on A-junilla 135 matkustajavuoroa arkisin. Leppävaaran ja Kauklahten välillä junilla on 158 vuoroa arkisin, joista E-junat ajavat 67 kappaletta. Kauklahten ja Kirkkonummen välillä liikkuvat L-, S-, U- ja Y-junat, jotka tekevät yhteensä 91 vuoroa arkisin.

Taulukossa 14 on esitetty pääkaupunkiseudun läntisen lähiliikenteen junien vuorojen määrä 9.12.2007 alkaen.

Taulukko 14. Lähijunien vuoromäärät linjakohtaisesti läntisillä raiteilla (VR 2007).

	A	E	L	M	S	U	Y
La	44	10	5	37	6	5	1
La,Su	26		8	114	8	2	4
Ma-Pe	650	175	25	730	35	75	40
Ma-Su	35		42	210	112	112	14
Su	32		12	35	4	8	1
Ma-La		192		54	30	54	12
	787	377	92	1180	195	256	72

Taulukko 15. Lähijunien vuoromäärät viikossa linjakohtaisesti läntisillä raiteilla (VR 2007).

A	E	L	M	S	U	Y
854	569	146	1479	341	430	99

Helsingin ja Kirkkonummen välillä Luomassa sijaitsee tällä hetkellä kuumakäynti-ilmaisina ja sen yhteyteen voidaan asentaa pyörävoima-ilmaisina. Kaikki pk-seudun läntisen lähiliikenteen junat katetaan Luoman kohdalla, sillä VR:n ohjelma kierrättää junia tasaisesti eri linjoille. Kauklahden ja Kirkkonummen väliselle kaksiraiteiselle rataosuudelle sijoitetaan yksi ilmainen, joka sijoitetaan pohjoisemmalle raiteille. Jos ilmainen sijoitetaan pohjoiselle raiteille, ei toisessa mallissa esitettyä Inkoon (Helsinki–Karjaa) siirrettävää ilmaisinta tarvita. Kirkkonummi (km 37+503) on Luomasta länteen päin seuraava liikennepaikka, jonka mitoittava raidepituus riittää 627 metriä pitkälle junalle. Luoman länsipuolella sijaitsevan Kauklahden (km 24+277) mitoittava raidepituus on 466 m.

VR:lla on käynnissä projekti liittyen pyöräprofiilin seurantalaitteiden hankkimiseen ja asentamiseen pääkaupunkiseudun lähiliikenteelle. Pyöräprofiilin seurantalaitteiden laitetyppejä on erilaisia. Osa seurantalaitetyypeistä mittaa samoja asioita kuin pyörävoima-ilmaisimet, kuten esimerkiksi pyörien lovia, säröjä yms. Pyörävoimailmaisimet eivät ole tarpeellisia pääkaupunkiseudun lähiliikenteelle, jos VR hankkii sellaisen mittauslaitteen, joka tunnistaa ja mittaa pyörän lovet ja säröt. Pyöräprofiilin mittauslaitteen sijaintipaikaksi on ajateltu Ilmalan varikolle vievää raidetta, jonka kautta saataisiin kattavasti tutkittua lähijä ja kaukoliikenteen junat. Seurantalaitteet mittaavat pyörän profiilin ajonopeuksilla 10–20 km/h. (Suuriniemi 2007.)

Jos RHK aikoo hankkia ilmaisimia, jotka antavat luotettavia tuloksia alhaisilla nopeuksilla, sellaisen sijoituspaikaksi sopii Ilmalan varikolle vievä raide. Sijaintipaikka on otollinen, jos VR:n pyörän profiilin mittauslaite ei tuota päällekkäistä tietoa pyörävoimailmaisimesta saatujen tuloksien kanssa.

6.5 Ilmaisimien siirto verkolla

Siirrettävien ilmaisimien kiertoa varten rataverkko jaetaan neljään alueeseen: pohjoinen, etelä, itä ja länsi. Jokaisella alueella on yksi siirrettävä ilmainen käytössä. Ilmaisimien sijoitusongelman ratkaisuna toisessa mallissa on ehdotus viidestä paikasta, joissa käytetään siirrettävää ilmaisinta. Etelässä väleille Karjaa–Hanko ja Helsinki–Karjaa on ehdotettu siirrettävää ilmaisinta vaihdeltavaksi näiden kahden ratavälin välillä. Keski-

Suomessa Kangasalan kohdalla voidaan siirtää siirrettävää ilmaisinta eteläiseltä raiteelta pohjoiselle raiteelle. Madekoskelle esitetty siirrettävä ilmaisin voidaan sijoittaa juna-liikenteen kysynnän mukaan pohjoisella alueella toiseen paikkaan. Tällä hetkellä Madekosken ilmaisimella ei ole nimettyä aisaparia. Taulukossa 16 on esitetty sijoituspaikkojen väliset vaihdot.

Taulukko 16. Kolmen siirrettävän ilmaisimen vaihto viiden sijoituspaikan välillä.

Vaihto 2. mallissa

Tammisaari	Inkoo
Kangasala pohj. raide	Kangasala etel. raide
Madekoski	

Kolmannessa mallissa on esitetty kahden ilmaisimen siirto neljän sijaintipaikan välillä. Länsi-Suomessa siirrettävän ilmaisimen paikkaa vaihdellaan Ylistaron ja Ilmajoen välillä. Nakkila sijaitsee kaukana verrattuna Laukaaseen, mutta näiden kahden välillä voidaan tehdä siirto tarpeen tullen. Vuoden 2006 tonnimäärien mukaan Laukaan ohitse ei kulje niin paljon tavarakuljetuksia kuin Nakkilan kohdalla. Kolmannessa mallissa mainittiin, että Laukaa ei välttämättä edes vaadi omaa ilmaisinta. Ehdotuksena on, että Nakkilan kohdalla ilmaisinta pidetään pidempään kuin Laukaan kohdalla, jolloin ilmaisimen siirtomatka ei koidu esteeksi.

Taulukko 17. Kahden siirrettävän ilmaisimen vaihto neljän sijoituspaikan välillä.

Vaihto 3. mallissa

Ylistaro	Ilmajoki
Nakkila	Laukaa

6.6 Yhteenveto ilmaisimista

Taulukkoon 18 on esitetty ensimmäisen mallin ilmaisimet ja lueteltu liikennepaikat, jonne juna voidaan mitoittavan raidepituuden perusteella ohjata välitöntä toimenpidettä vaativan hälytyksen jälkeen. Taulukossa esitetään myös rastilla olemassa olevat kuumakäynti-ilmaisimet, joiden laitiloja voidaan hyödyntää pyörävoimailmaisimien tietoliikenne-yhteyksille.

Taulukko 18. Yhteenveto ensimmäisestä mallista.

Sijainti	laite-tila	Liikennepaikka	mit.raid.pit.	Liikennepaikka	mit.raid.pit.
Vainikkala		Pulsa Raippo	1872 m 1890 m		
Niirala		Tohmajärvi	745 m		
Vartius		Ypykkävaara	786 m		
Imatrankoski		Imatra tavara	935 m		
Utti	x	Kouvola tavara Kouvola lajittelu	945 m 906 m	Kaipiainen	804 m
Kulju	x	Tampereen Viinikka Tampereen tavara	859 m 808 m	Toijala	770 m
Harju	x	Selänpää	802 m	Kouvola tavara Kouvola lajittelu	945 m 906 m
Kalkku	x	Nokia Siuro	899 m 746 m	Tampereen Viinikka Tampereen tavara	859 m 808 m
Tupos	x	Oulu Tuira Oulu tavara Oulu Nokela	761 m 818 m 920 m	Liminka Hirvineva	775 m 862 m
Madekoski	x	Oulu Tuira Oulu tavara Oulu Nokela	761 m 818 m 920 m	Pikkarala Muhos	779 m 1051 m

Taulukkoon 19 on listattu kiinteiden ja siirrettävien ilmaisimien sijoituspaikat, liikennepaikat, liikennepaikkojen mitoittavat raidepituudet ja laitetilat, jotka esitellään toisessa mallissa.

Taulukko 19. Yhteenveto toisesta mallista.

Sijainti	laite-tila	Liikennepaikka	mit.raid.pit.	Liikennepaikka	mit.raid.pit.
Madekoski	x	Oulu Tuira Oulu tavara Oulu Nokela	761 m 818 m 920 m	Pikkarala Muhos	779 m 1051 m
Tammisaari	x	Lappohja	773 m	Karjaa	785 m
Inkoo	x	Karjaa	785 m	Siuntio	507 m
Kangasala	x	Tampereen Viinikka Tampereen tavara	859 m 808 m	Orivesi	796 m

Taulukossa 20 on esitetty kolmannen, ns. täydentävän mallin ilmaisimien sijoituspaikat, liikennepaikat, mitoittavat raidepituudet ja laitetilat.

Taulukko 20. Yhteenveto kolmannelle mallista

Sijainti	laite-tila	Liikennepaikka	mit.raid.pit.	Liikennepaikka	mit.raid.pit.
Nakkila		Kokemäki	795 m	Pori	776 m
Ylistaro		Isokyrö	550 m	Seinäjoki tavara	914 m
Ilmajoki		Kurikka	811 m	Seinäjoki tavara	914 m
Laukaa		Jyväskylä	842 m	Äänekoski	683 m
Hiekkaharju	x	Tikkurila	450 m	Kerava, asema	537 m
Luoma	x	Kirkkonummi	627 m	Kauklahti	466 m
Kausala	x	Uusikylä	527 m	Kouvola tavara	945 m
				Kouvola lajittelu	906 m

6.7 Virroittimen kuvausjärjestelmän sijainti

Kuvausjärjestelmän laitteiden sijoittamisessa periaatteena on, että vetokaluston virroittimet voitaisiin tutkia mahdollisimman kattavasti. Suomen junissa on käytössä onttoisuusinen virroitinhiili, jonka tarkoitus on ehkäistä virroitinvaurioita. Hiili voi silti murtua käytössä ja ADD:ssa (Automatic Dropping Device) voi esiintyä vikoja. Kuvausjärjestelmällä voidaan varmistaa vetureiden virroittimien kunto. (Inkilä 2007.)

Veturit kulkevat rataverkolla satunnaisesti ohjelman laskemilla reiteillä. Suomen rataverkolla 1–2 virroittimien valvontapaikkaa riittää vetokaluston valvontaan. Suuri osa vetureista kiertää Ilmalan kautta, sillä vetureita huolletaan niille määrättyjen huoltoajankohtien mukaisesti Ilmalassa. Vetureilla on myös omat kunnossapitoyksiköt, joiden tarkoitus on vastata alueella liikkuvien vetureiden kunnosta. Helsingin ja Kouvolan yksiköt vastaavat sähkövetureista, joten virroitinvalvonta on hyvä asentaa Helsingin ja Kouvolan läheisyyteen. Ehdotus on, että kuvausjärjestelmän sijaintipaikkoja ovat Helsingissä Ilmala ja toinen laitteisto tarkemmin osoittamattomaan kohtaan Kouvolan läheisyyteen.

7 YHTEENVETO

Ratahallintokeskus aikoo sijoittaa runkoverkolle pyörävoimailmaisimia, joiden tarkoitus on tarkastaa junien pyörien kunto. Etenkin venäläisissä vaunuissa esiintyy pyörävikoja, jotka saattavat olla äärimmäisessä tapauksessa vaaraksi liikenteelle. Ilmaisimien avulla voidaan seurata myös kiskojen käyttöikää. Pyörävoimailmaisimien valmistajia on monia ja ilmaisimien tekniikka vaihtelee laserista voima- tai kiihtyvyyssantureihin. Tällä hetkellä ei ole päätöstä siitä, minkälaisia pyörävoimailmaisimia Ratahallintokeskus runkoverkolle aikoo sijoittaa. Raja-asemille soveltuvat sellaiset mittalaitteet, joiden mittaustekniikan luotettavuus ei ole riippuvainen junan nopeudesta. Osa ilmaisintyypeistä vaatii kuitenkin tietyn nopeuden tai nopeusalueen jotta luotettava mittaaminen voidaan suorittaa. Mahdollisesti Suomeen hankitaan kahdenlaista ilmaisintyyppiä ilmaisimen sijaintipaikan mukaan. Lisäksi ilmaisimet voivat olla joko siirrettävät tai kiinteitä. Siirrettäviä ilmaisimia voidaan liikuttaa runkoverkolla tarpeen mukaan liikenteen kysynnän muuttuessa ja ne ovat käteviä vähäliikenteellisillä, mutta liikenteellisesti merkittävillä rataosuuksilla.

Pyörävoimailmaisimien sijoitus ratkaisuksi esitetään kolmea eri mallia, joista ensimmäinen sisältää 12 kiinteän ilmaisimen sijoitusehdotuksen ja toinen 12 kiinteän ja kolmen siirrettävän ilmaisimien sijoitusehdotuksen. Kolmannessa mallissa ehdotetaan seitsemän lisäkohdetta, jonne tulevaisuudessa voidaan sijoittaa ilmaisimia, kun on saatu käyttövarmuus runkoverkolle sijoitettujen ilmaisimien toiminnasta. Pyörävoimailmaisimien asennuskohtaa suunniteltaessa on käytössä olevien kuumakäynti-ilmaisimien laitetilaja pyritty hyödyntämään olemassa olevien tietoliikenneyhteyksien vuoksi.

Ensimmäinen malli kattaa suurimman osan runkoverkolla liikkuvista junista, sillä kyseisessä mallissa huomioidaan kaikki venäläiset tavarajunat sekä suurimmat kotimaiset tavaraliikennevirrat. Myös valtaosa kotimaisista henkilöliikenteen junista saadaan tarkastettua ensimmäisen mallin kohdalla. Suomen ja Venäjän rajalle sijoitettavat ilmaisimet kattavat kaikki Venäjän puolelta Suomeen tulevat venäläiset henkilö- ja tavaraliikenteen kuljetukset. Pyörävoimailmaisimet ovat välttämättömiä neljässä rajan ylityspaikassa, kun halutaan keskittää pyörien kunnon tarkastus venäläiseen kalustoon. Nämä neljä rajan ylityspaikkaa ovat Niirala, Vainikkala, Vartius ja Imatrankoski. Tämän lisäksi mallissa esitetään ilmaisimien sijoitusta runkoverkon kaksiraiteisille osuuksille Uttiin ja Kuljuun sekä yksiraiteisille osuuksille Harjuun, Kalkkuun, Madekoskelle ja Tupokselle. Kaksiraiteiset rataosuudet vaativat kaksi pyörävoimailmaisinta.

Toisen mallin siirrettävät ilmaisimet on sijoitettu rataosuuksille, joissa esiintyy huomattavasti tavaraliikenteen pendeliliikennettä tai pelkkää henkilöliikennettä. Siirrettäviä ilmaisimia sijoitetaan kaksiraiteiselle rataosudelle Kangasalan kohdalle sekä yksiraiteisille osuuksille Inkooseen ja Tammisaareen. Tämän lisäksi Madekosken kohdalle ensimmäisessä mallissa sijoitettu kiinteä ilmaisin muutetaan siirrettäväksi ilmaisimeksi. Madekoski ei välttämättä vaadi kiinteää ilmaisinta tonni- ja matkamäärien perusteella. Sen sijaan siirrettävän ilmaisimen käyttö Madekosken kohdalla on perusteltu Kajaanin ja Pohjois-Suomen välillä liikkuvien henkilöjunien takia. Laitetyypin valinta riippuu siitä, hankkiiko Ratahallintokeskus ainoastaan kiinteitä ilmaisimia vai niiden lisäksi vielä siirrettäviä ilmaisimia. Rantaradalle ja välille Kirkniemi–Hanko sijoitetaan siirrettävä ilmaisin. Siirrettävän ilmaisimen käyttö rataosuuksilla on perusteltu, sillä rantaradalla liikkuu käytännössä vain henkilöliikennettä ja Kirkniemen ja Hangon välillä liikkuu lähes

pelkästään tavaravaunuja. Tonni- ja matkamäärien perusteella kiinteä ilmaisin molemmille rataosuuksille ei ole kannattava.

Kolmannessa mallissa on esitetty ilmaisinverkkoa täydentäviä sijoituspaikkoja, jotka ulottuvat osittain runkoverkon ulkopuolelle. Mallissa on esitetty pääkaupunkiseudun lähiliikenteelle pyörävoimailmaisimien sijoitusehdotus. Pääkaupunkiseudun ilmaisimien sijoitusehdotusta tulee harkita, sillä VR:n on tarkoitus asentaa lähiliikenteelle pyöräprofiilin mittauslaitteita. Laitteiden avulla voidaan seurata myös junien pyörien kuntoa. Jos VR ei hanki sellaista pyöräprofiilin mittauslaitetta, joka mittaa tietoa myös pyörien lovista, voidaan alhaisilla nopeuksilla toimiva pyörävoimailmaisimien sijoittaa Ilmalan varikolle vievälle raiteelle. Vielä ei myöskään tiedetä, hankkiiko Ratahallintokeskus pyörävoimailmaisimia, jotka pystyvät mittaamaan tuloksia alhaisissa nopeuksissa. Kolmas malli sisältää pyörävoimailmaisimien sijoitusehdotuksen kolmen kiinteän ilmaisimen hankkimisesta, jolloin Hiekkaharjuun sijoitetaan kaksi kiinteää ilmaisinta kahdelle raiteelle ja Luomaan yksi kiinteä ilmaisin toiselle raiteelle. Tutkimuksessa havaittiin, että kaikki pääkaupunkiseudun junat kiertävät tasaisesti Hiekkaharjun ja Luoman kautta, jolloin koko lähiliikenteen kalusto voidaan tarkastaa kyseisissä liikennepaikoissa. Toisessa mallissa esitettyä Inkoon kohdalle sijoitettua siirrettävää ilmaisinta ei tarvita, jos kolmas malli toteutetaan, sillä Luomaan sijoitettavan ilmaisen avulla saadaan tarkastettua myös Inkoon ohittavat vaunut.

Kolmas malli sisältää ehdotuksen pyörävoimailmaisimien sijoittamisesta Ylistaroon ja Ilmajoelle, jolloin saadaan tarkastettua rataosuudella Seinäjoki–Vaasa liikkuvat henkilöjunat sekä rataosuudella Seinäjoki–Kaskinen liikkuvat tavarajunat. Ylistaron ja Ilmajoen kohdilla voidaan käyttää yhtä siirrettävää ilmaisinta, koska paikat sijaitsevat Länsi-Suomessa lähellä toisiaan. Kolmannessa mallissa ehdotetaan siirrettävien ilmaisimien käyttöä myös Nakkilan ja Laukaan väleillä. Siirrettävän ilmaisimen vaihdon Nakkilasta Laukaalle ei tarvitse tapahtua usein, sillä Laukaalla tonnimäärät ovat vähäiset. Ratahallintokeskuksen runkoverkolle asennetaan myös kuvausjärjestelmä, joka valvoo sähköveturien virroittimien kuntoa. Virroittimien valvonnasta on hyötyä, sillä kuvausjärjestelmä maksaa itsensä käytössä takaisin varsin nopeasti. Sähköjunan korjaaminen tuo enemmän kustannuksia kuin kuvausjärjestelmän asentaminen runkoverkolle.

Sähköveturit kiertävät huoltoalueittain verkolla ja ne käyvät säännöllisesti Ilmalassa ja Kouvolassa huollettavana. Kuvausjärjestelmät asennetaan Ilmalaan ja Kouvolaan, jolloin jokainen sähköveturin virroitin saadaan kuvattua. Virroittimien valvonnalla saadaan selville vioittuneet virroittimet, jotka voivat aiheuttaa ajolankaan kohdistuvia ylimääräisiä kuormituksia. Virroitinvalvonnalla voidaan ehkäistä ajolankojen vaurioita ja katkeamisia sekä säästää korjauskustannuksissa. Sekä pyörävoimailmaisimet että kuvausjärjestelmät ovat osa tekniikkaa, jonka avulla säästetään raideliikenteen komponenttien korjauskustannuksissa ja pidennetään kaluston elinkaarta. Valvontalaitteiden hankkiminen ja sijoittaminen runkoverkolle on tarpeellista, jos halutaan kehittää turvallisempaa raide liikennettä.

LÄHDELUETTELO

Blomqvist E. (2007). Täsmällisyyskoordinaattori Egon Blomqvistin haastattelu 20.9.2007. VR Henkilöliikenne. Helsinki.

Bracciali A. ym. (2002). Effective Wheel Flats Detection Through A Simple Device. Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali - Università di Firenze via Santa Marta, General Electric Transportation Systems S.p.A. via P. Fanfani.

Bontekoe T. (2007). Beneficial monitoring: not whether, but when? European Railway Review, Issue 5/2007. s. 69–73.

Eriksson B. (2007). Sähköpostikeskustelu Banverketin Bengt Erikssonin kanssa 23.–24.9.2007.

EUR-Lex (2004). Euroopan parlamentin ja neuvoston päätöksen N:o 884/2004/EY:n oikaisu. EU:n virallisesta lehti L201/2004. 55 s.

Hesser P., Kuspert D, Pieper S. (2003). MATTILD – Mainline and Transit Train Impact Load Detector. Signal und Draht, Vol 95, Part 1/2. Deutsche Bahn AG. Germany. s. 23–27.

Inkilä J. (2007). Suunnittelupäällikkö Juha Inkilän haastattelu 4.9.2007. VR Henkilöliikenne. Helsinki.

Juntunen (2007). Sähköpostikeskustelu Tapani Juntusen (VR Engineering) kanssa 21.12.2007.

Juupajoen kunta (2007). Yleistietoa Juupajoesta (online viitattu 30.11.2007). <http://www.juupajoki.fi/>

Kemira GrowHow (2005). Kemira GrowHow Suomessa – Vahva lenkki elintarviketjussa. Kemira GrowHown julkaisu 5/2005. Helsinki. 16 s.

Korhonen A. (2007). Asiakaspalvelujohtajan Antti Korhosen haastattelu 10.9.2007. VR Henkilöliikenne. Helsinki.

Lahti (2007). Keskustelu tekniikan ylioppilaan Otto Lahden kanssa 17.09.2007.

Lehtomäki J. (2000). Liikkuvan kaluston kirjallisuustutkimus, 250 kN:n ja 300 kN:n akselipainot. Ratahallintokeskuksen julkaisu A 3/2000. Helsinki. 62 s.

LeDosquet G., Pawellek F., Müller-Boruttau F. (2007). Lasca: Automatic monitoring of the running quality of railways vehicles. Railway Technical Review Issue 2/2007. s.34–39.

Levomäki M., Koskinen K. (2007). Ratahallintokeskuksen radantarkastusjärjestelmä 14.11.2007. Tampereen teknillinen yliopisto, RHK-Akatemia. Rautatieliikenteen erikoisopintojakso-kurssin seminaari. Tampere.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2002). Yleiseurooppalainen TEN-liikenneverkko. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 22.3.2002. Helsinki. 4 s.

Liikenne- ja viestintäministeriö (2006). Esitys ratalaiksi. (online viitattu 10.12.2007). <http://liikenneministerio.fi/scripts/cgiip.exe/WService=lvm/cm/pub/showdoc.p?docid=1870&menuid=3&channelitemid=13394&channelid=57>

Liikenne- ja viestintäministeriö (2006). Valtakunnallisesti merkittävät maaliikenteen runkoverkot – työryhmän mietintö. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 43/2006. Helsinki. 62 s.

Mäkitupa (2007). Keskustelu ylitarkastajan Seppo Mäkituvan kanssa 2.10.2007. Ratahallintokeskus. Helsinki.

Oy VR-Rata Ab (2001). Ratatyömaiden turvallisuusohje. Työntekijöiden turvaaminen liikenteenalaisilla radoilla ja suoritettavissa radanpitotöissä. VR 5223. 32 s.

Papadopoulos C.A., Niakas N., Diplari K. (2001). Flatness Identification In Wheels Of Passing Trains. 4th European Conference on Noise Control. Patra. 10 s.

Porin satama (2007). Satamainfo (online viitattu 27.11.2007). <http://www.pori.fi/port/info.html>

Rautoja P. (2007). Sähköradan suunnittelu ja rakentaminen. 27.3.2007. Tampereen teknillinen yliopisto, RHK-Akatemia. Rautatieliikenteen erikoisopintojakso-kurssin seminaari. Tampere.

RHK (1998). Ratatekniset määräykset ja ohjeet, osa 6, Turvalaitteet. Helsinki. 189 s.

RHK (2004a). Ratatekniset määräykset ja ohjeet, osa 5, Sähköistetty rata. Helsinki. 142 s.

RHK (2004b). Ratahallintokeskuksen rataverkko 3.6.2006. Juliste, Helsinki 2006.

RHK (2006). Verkkoselostus 2008. Ratahallintokeskuksen julkaisuja F1/2006. Helsinki 2006. 119 s.

RHK (2007a). Liikennenopeedet. (online viitattu 16.11.2007) http://www.rhk.fi/rataverkko/tekniset_tiedot/liikennenopeedet/

RHK (2007b). Ratajohdon osat. (online viitattu 6.8.2007) http://www.rhk.fi/rhk/rautatiet_osana_liikennejarjeste/perusradanpito/sahkorata/

RHK (2007c). Ratahallintokeskus selvittää Turengin ajolankavaurion syytä. (online viitattu 6.8.2007). <http://www.rhk.fi/?x31161=1676741>

RHK (2007d). Suomen rautatietilasto 2007. Ratahallintokeskus. Helsinki. s.51.

RHK (2007e). Sähköistetty rataverkko 1.12.2006. (online viitattu 11.11.2007) http://www.rhk.fi/rataverkko/tekniset_tiedot/sahkoistys/

RHK (2007f). Vakinaisen liikenteen kulkupäivät 3.6.2007 alkaen. (online viitattu 3.9.2007)
http://www.rhk.fi/radan_kaytto/liikennesuunnittelun_perustiedot/vakinaisen_liikenteen_kulupaiva/

RHK (2008). Rataverkon kuvaus. Ratahalintokeskuksen julkaisuja F 1/2008. Helsinki. 69 s.

Saha M. (2007). Markku Sahan haastattelu 31.8.2007. VR Cargo. Helsinki.

Sensys (2007). *Sensys Traffic - Pantograph Monitoring System* (online viitattu 13.8.2007).
<http://www.railway-technology.com/contractors/electrification/sensys%2Dtraffic/>

Suuriniemi S. (2008). Sähköpostikeskustelu järjestelmäinsinööri Samuli Suuriniemen kanssa 17.1.2008. VR Engineering. Helsinki.

Tamtron Systems Oy (2007). Scalex Wild, High-speed Security Check-point for Wheel Impacts and Control Weighing (online viitattu 8.8.2007).
<http://www.pivotex.com/wild.html>

Than V. (2003). Wheel Deterioration. Railway Vehicle and Track System Integration (*TRAINS*). The University of Birmingham and Manchester Metropolitan University. 26 s.

VR (2007). Lähiliikenteen reittikartta. (online viitattu 20.11.2007)
<http://www.vr.fi/heo/lahi/freittikartta2.htm>

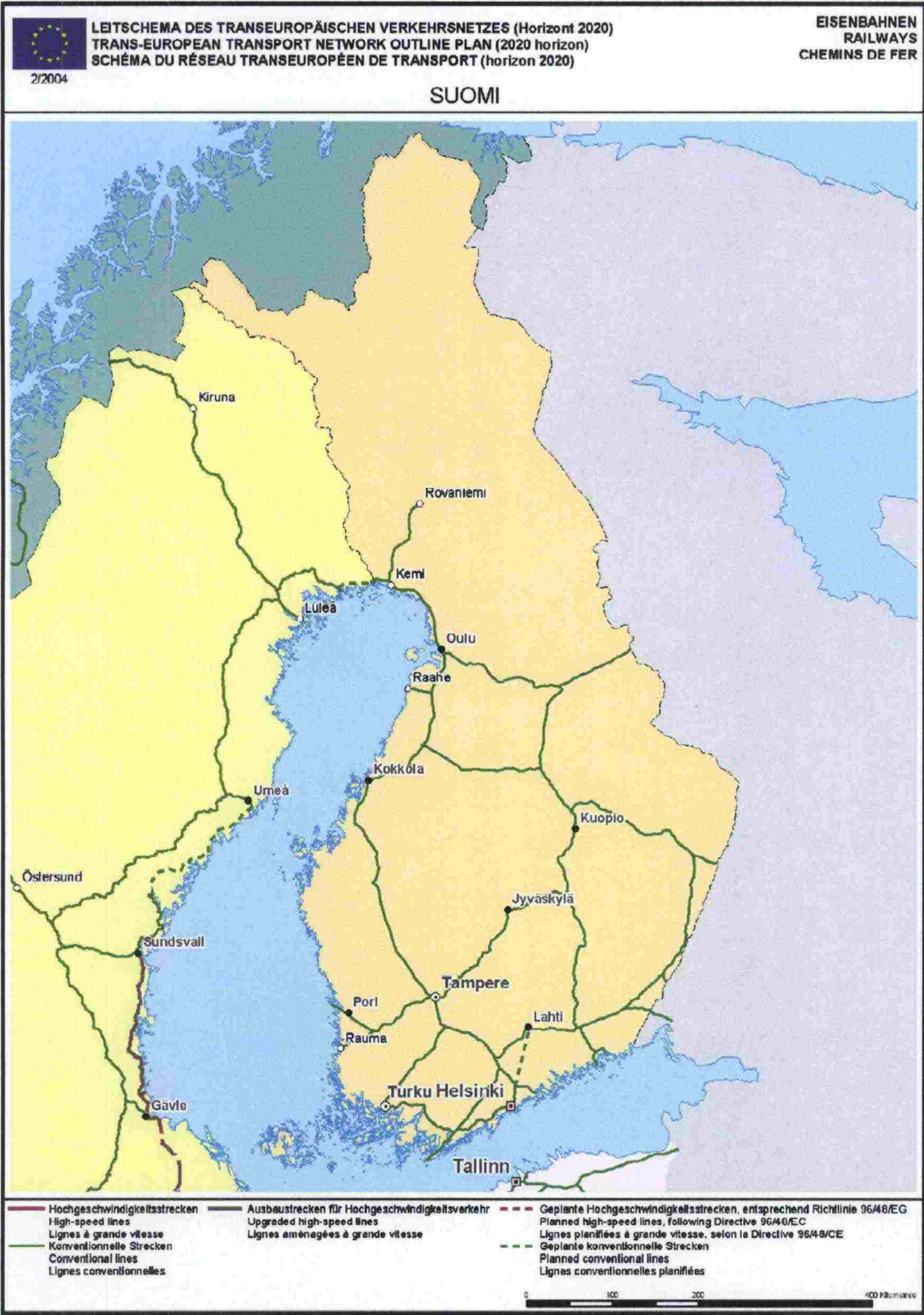
VR Engineering (2007). Jarrutusmatkataulukko (Saatu 21.12.2007).

VR Oy Pieksämäen Konepaja (2007.) Pyöräkerran mittaus. (taulukko saatu 1.8.2007)

Wu T.X, Thompson D.J. (2001). A Hybrid Model for Wheel/Track Dynamic Interaction and Noise Generation Due to Wheel Flats. ISVR Technical Memorandum No. 859, University of South Hamptons, England. 42s.

Äänekosken kunta (2007). Ääneseudun Kehitys Oy (online viitattu 29.11.2007)

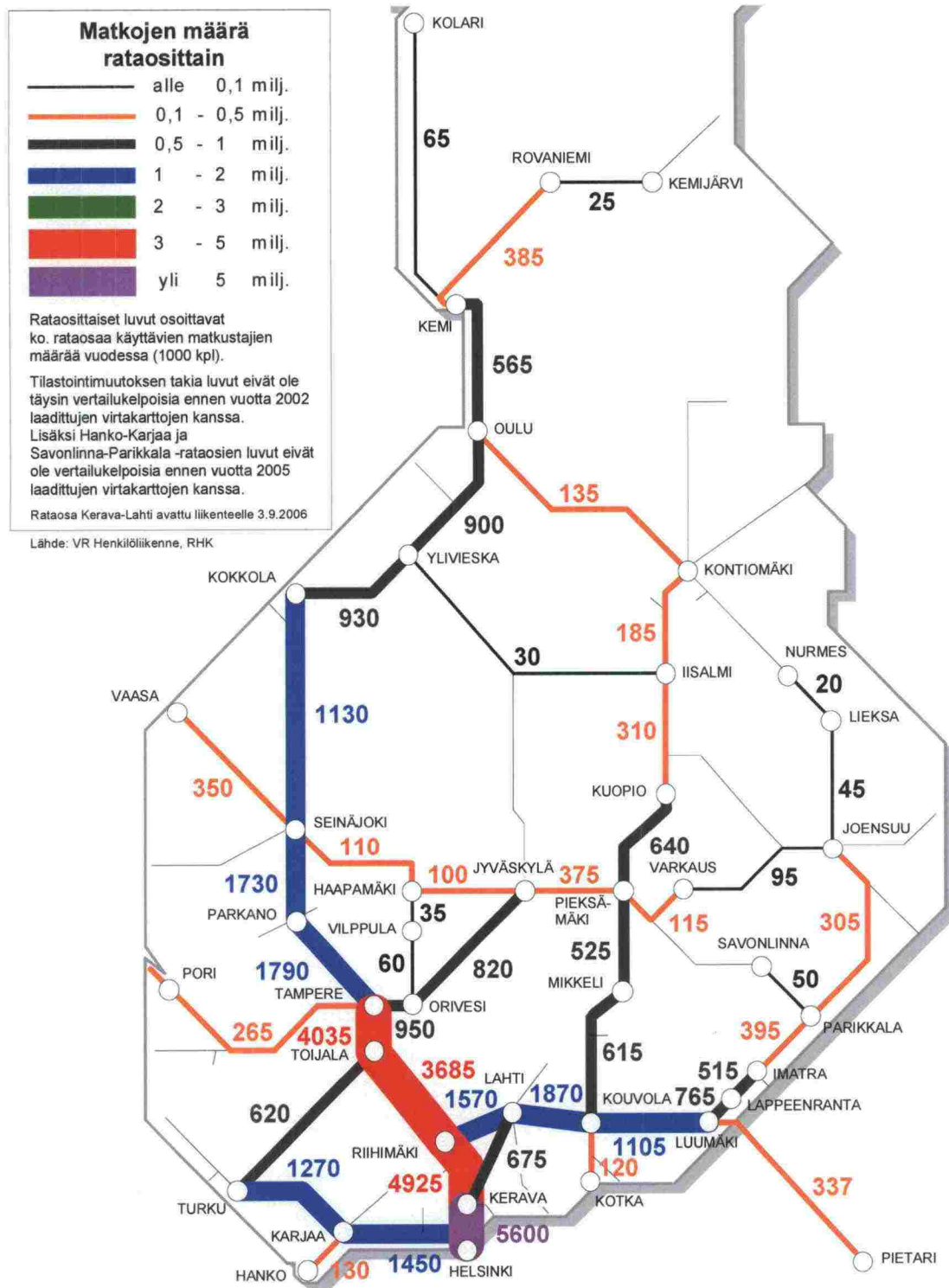
TEN-rataverkko, Suomen rautatiet (EUR-Lex 2004)



Henkilöliikenteen matkat vuonna 2006 (RHK 2007)

Henkilöliikenteen matkat vuonna 2006

Kaukoliikenne 12,847 milj. matkaa



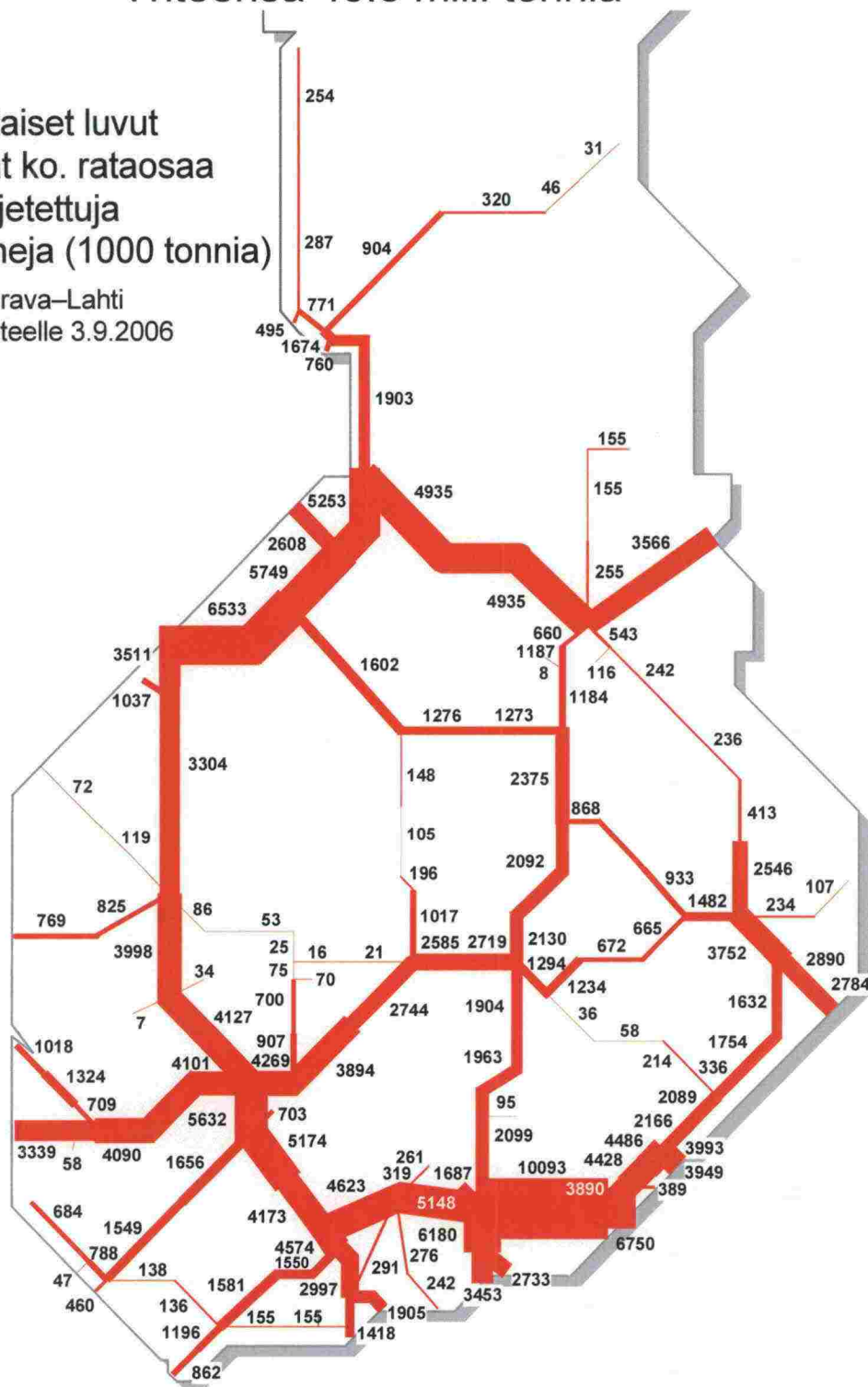
Tavaraliikenteen kuljetukset vuonna 2006 (RHK 2007)

Tavaraliikenteen kuljetukset vuonna 2006

Yhteensä 43.6 mili. tonnia

Rataosittaiset luvut
osoittavat ko. rataosaa
pitkin kuljetettuja
nettotonneja (1000 tonnia)

Rataosa Kerava–Lahti
avattu liikenteelle 3.9.2006

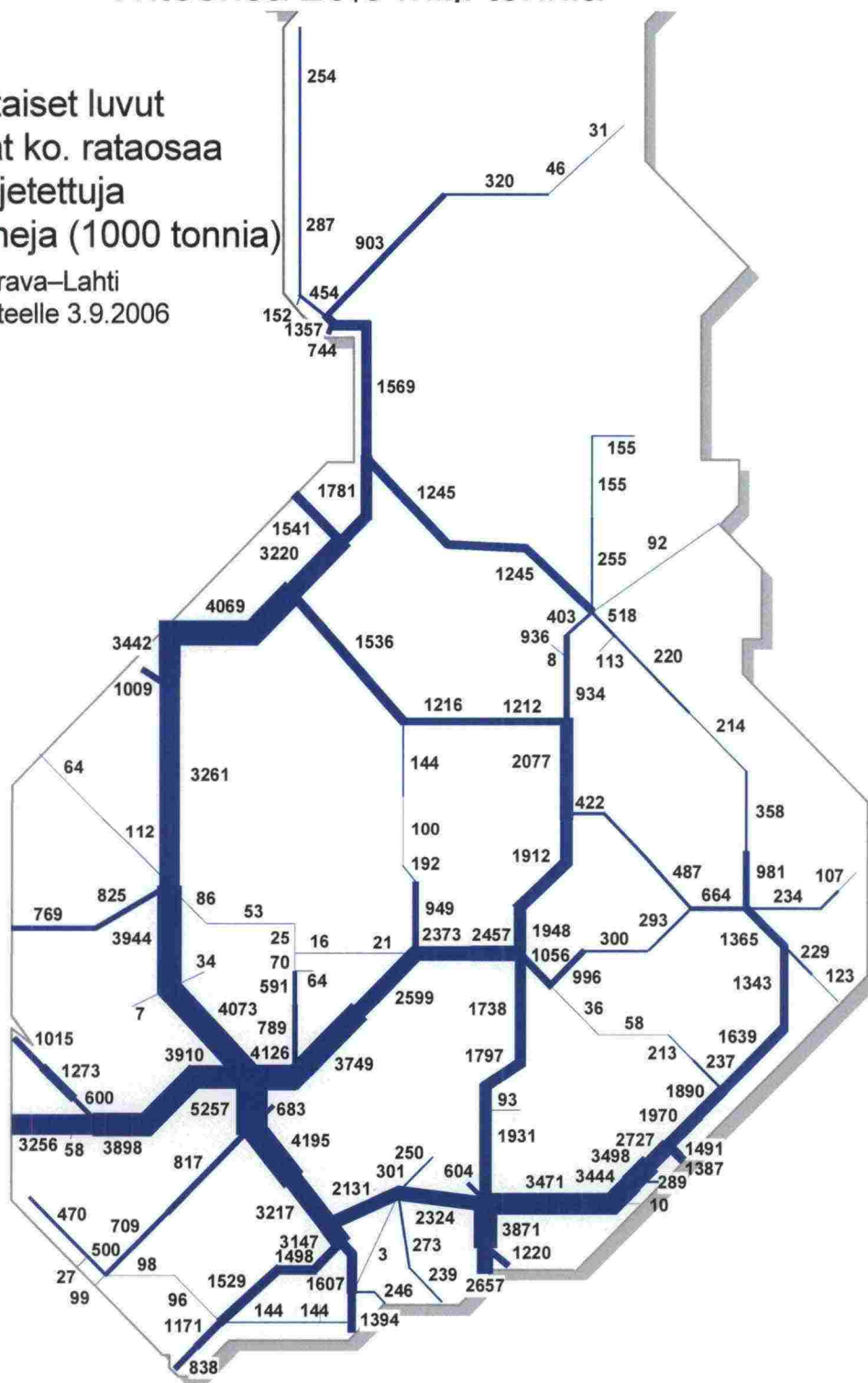


Tavaraliikenteen kotimaan liikenne vuonna 2006 (RHK 2007)

Tavaraliikenteen kotimaan liikenne
vuonna 2006
Yhteensä 26,0 milj. tonnia

Rataosittaiset luvut
osoittavat ko. rataosaa
pitkin kuljetettuja
nettotonneja (1000 tonnia)

Rataosa Kerava–Lahti
avattu liikenteelle 3.9.2006



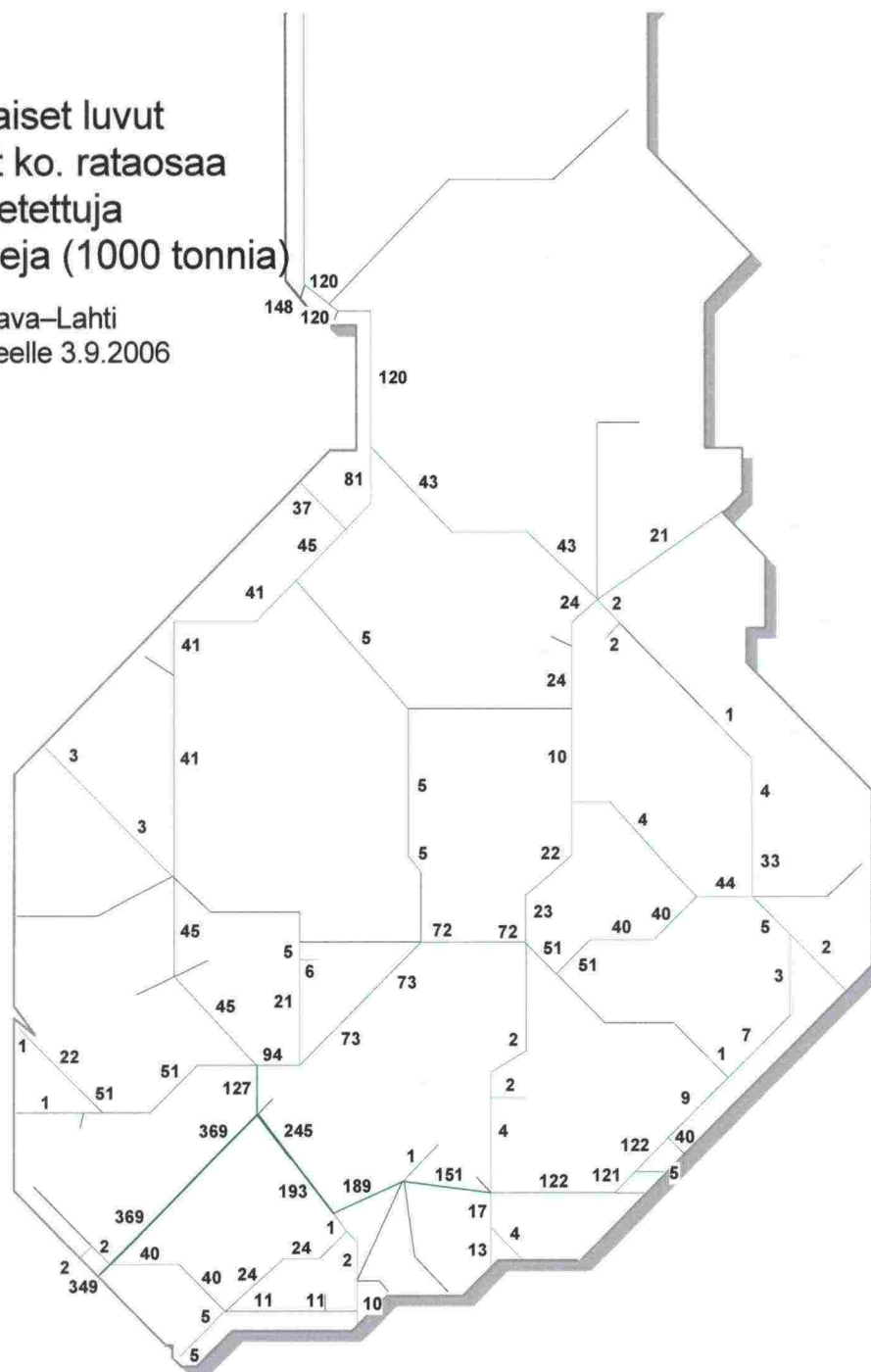
Tavaraliikenteen läntinen liikenne vuonna 2006 (RHK 2007)

Tavaraliikenteen läntinen liikenne vuonna 2006

Yhteensä 0,8 milj. tonnia

Rataosittaiset luvut
osoittavat ko. rataosaa
pitkin kuljetettuja
nettotonneja (1000 tonnia)

Rataosa Kerava–Lahti
avattu liikenteelle 3.9.2006



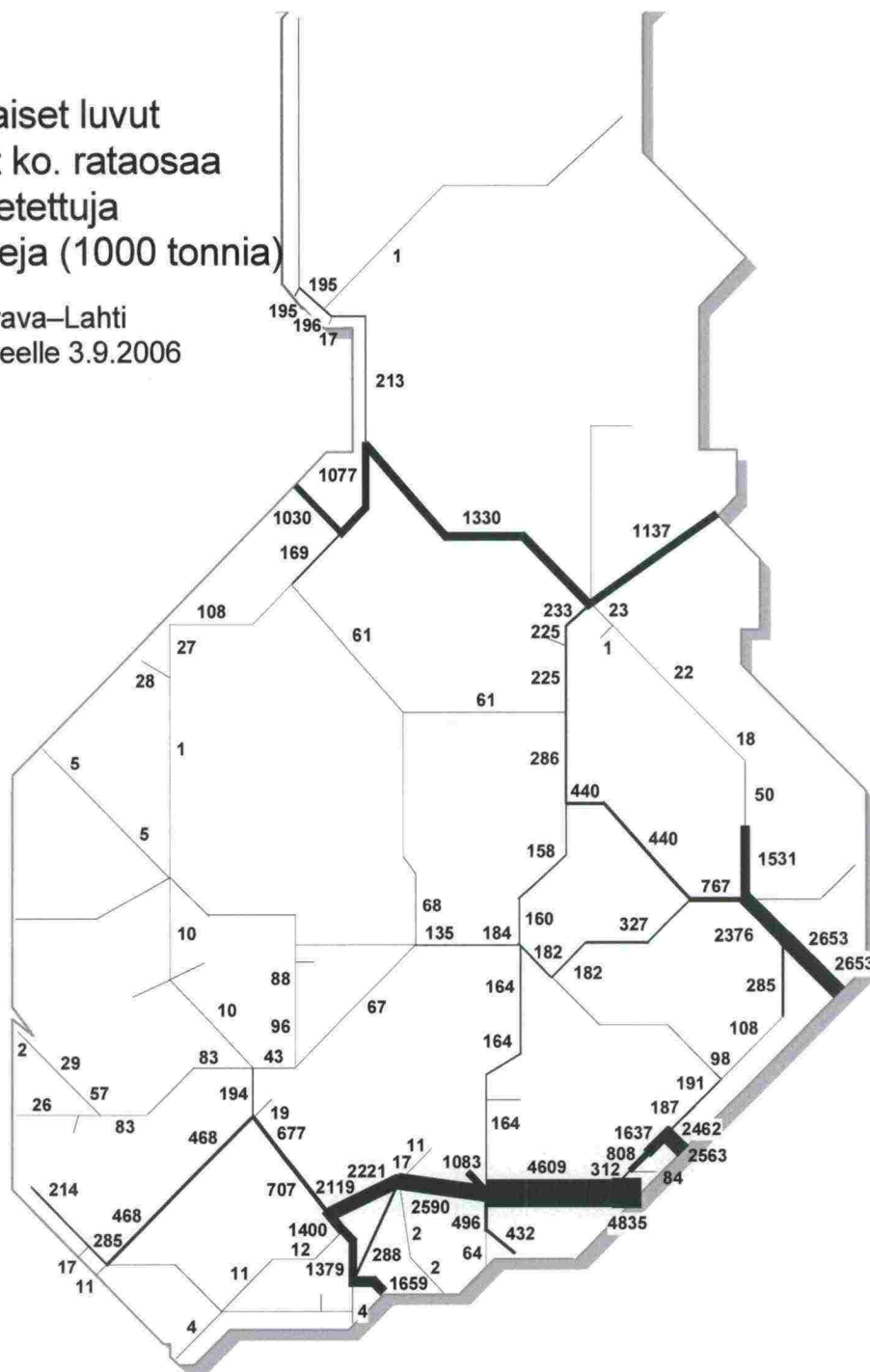
Tavaraliikenteen itäinen liikenne vuonna 2006 (RHK 2007)

Tavaraliikenteen itäinen liikenne vuonna 2006

Yhteensä 12,6 milj. tonnia

Rataosittaiset luvut
osoittavat ko. rataosaa
pitkin kuljetettuja
nettotonneja (1000 tonnia)

Rataosa Kerava–Lahti
avattu liikenteelle 3.9.2006



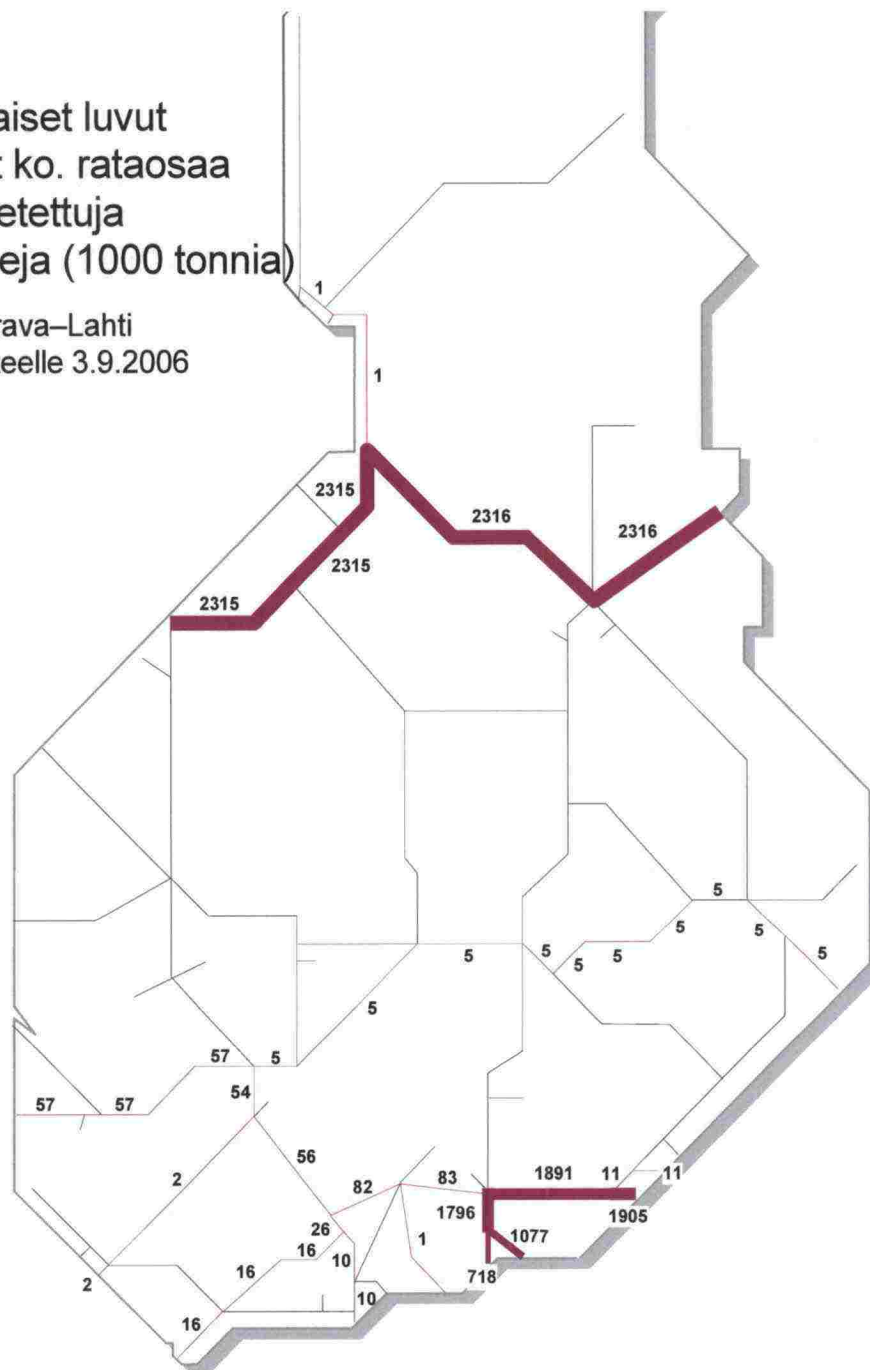
Tavaraliikenteen transitoliikenne vuonna 2006 (RHK 2007)

Tavaraliikenteen transitoliikenne vuonna 2006

Yhteensä 4,2 milj. tonnia

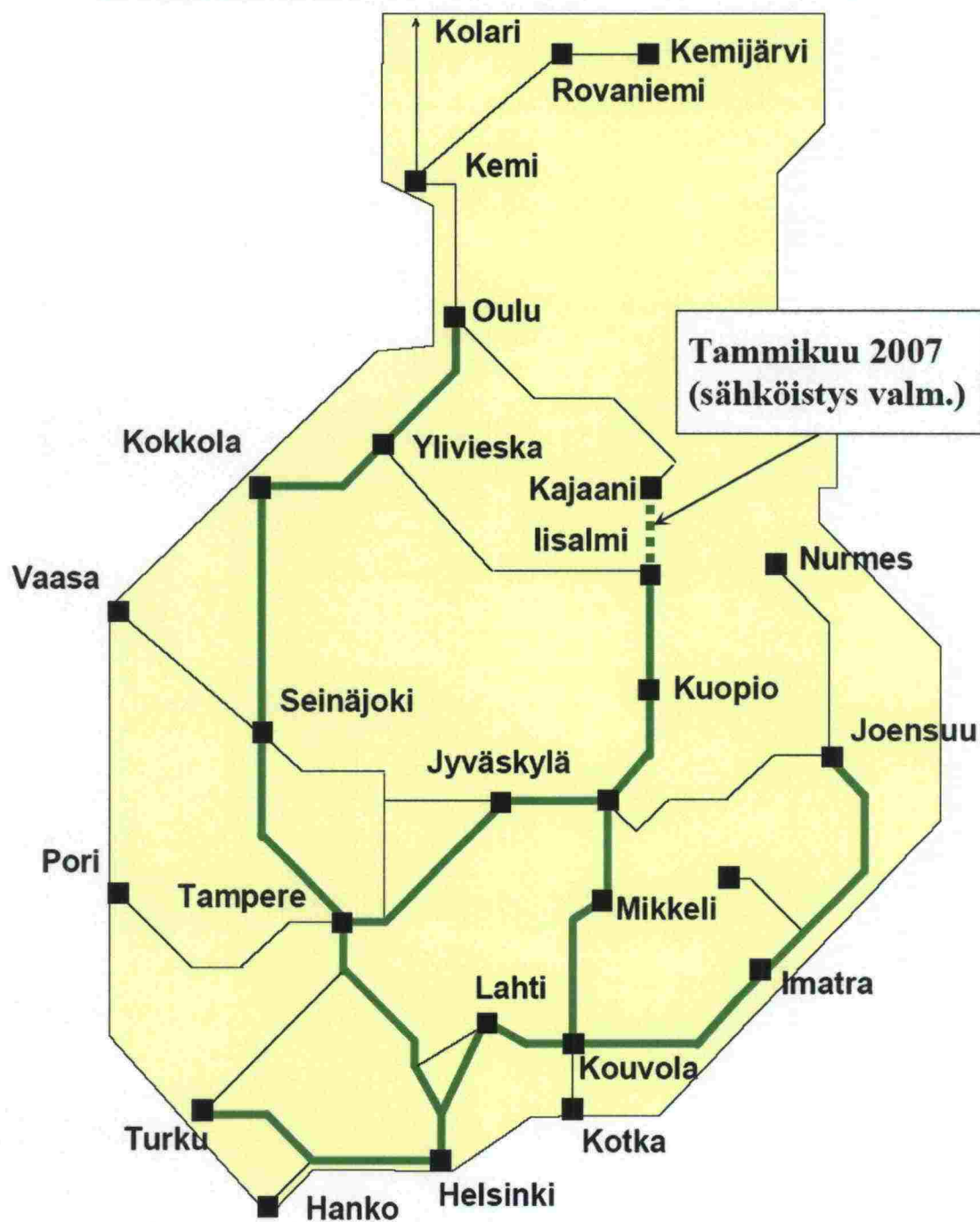
Rataosittaiset luvut
osoittavat ko. rataosaa
pitkin kuljetettuja
nettotonneja (1000 tonnia)

Rataosa Kerava–Lahti
avattu liikenteelle 3.9.2006



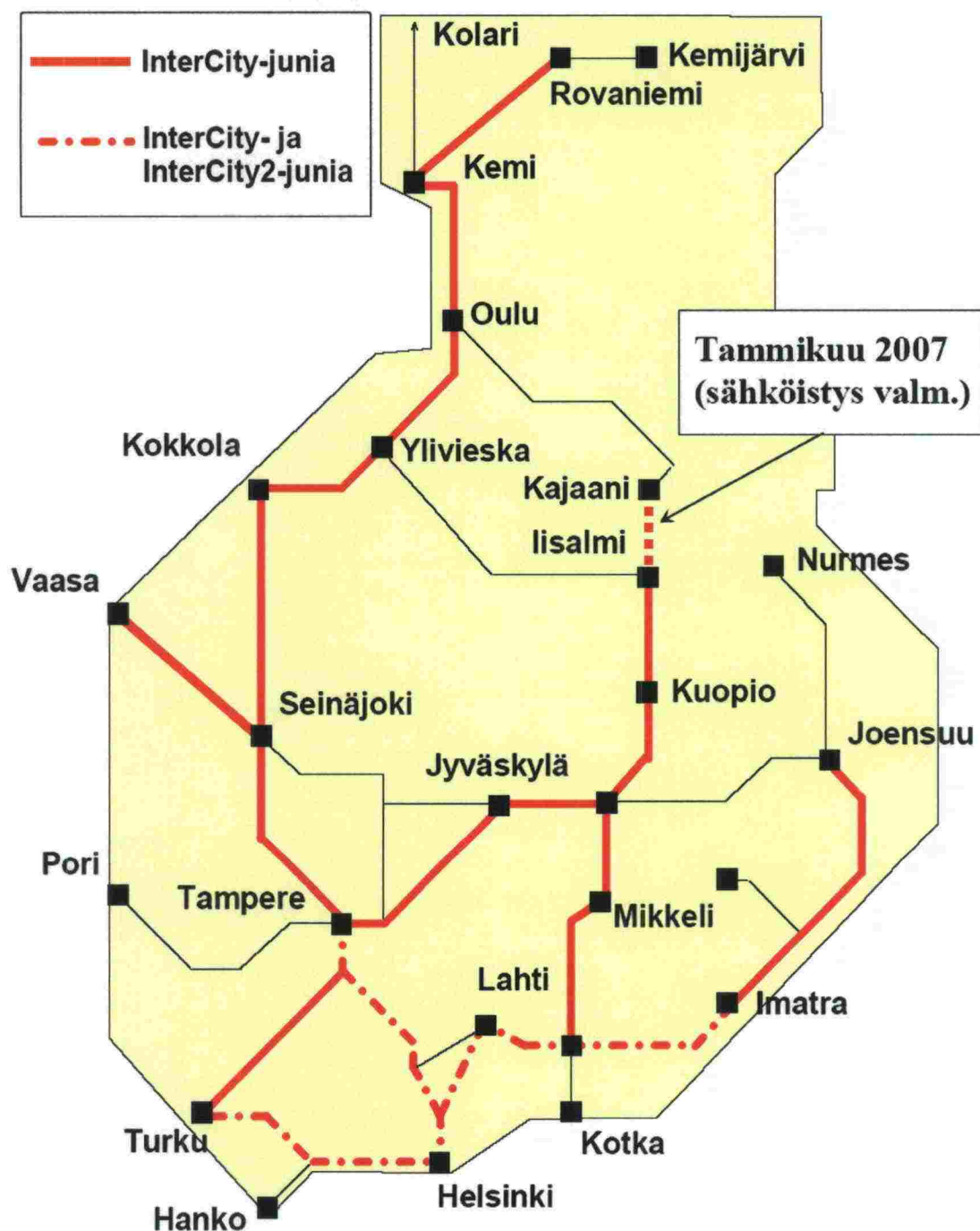
Pendolinojen reitit 3.9.2006 alkaen (VR 2007)

Pendolino-reitit 3.9.2006 alk.



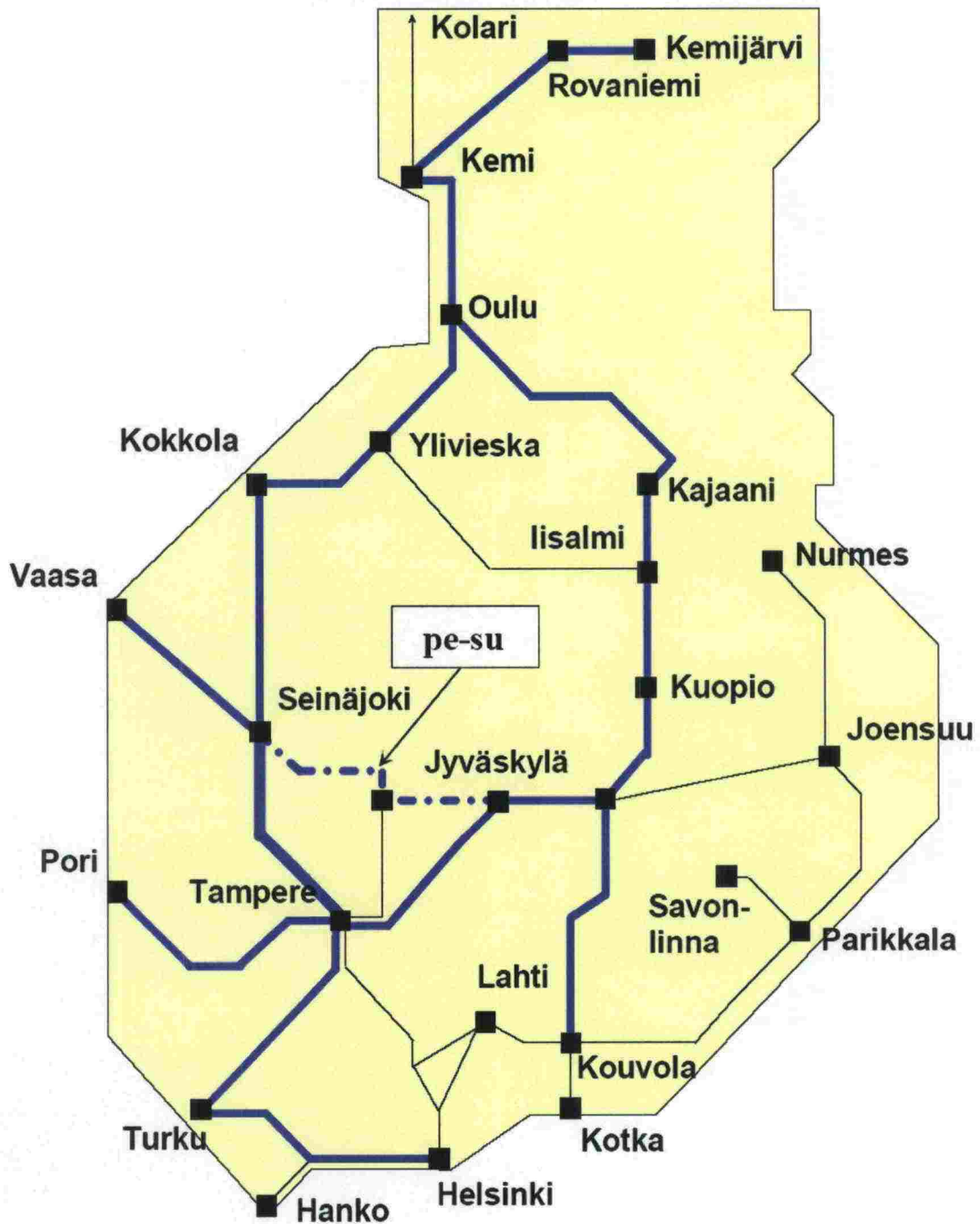
InterCity-reitit 3.9.2006 alkaen (VR 2007)

InterCity-reitit 3.9.2006 alk.



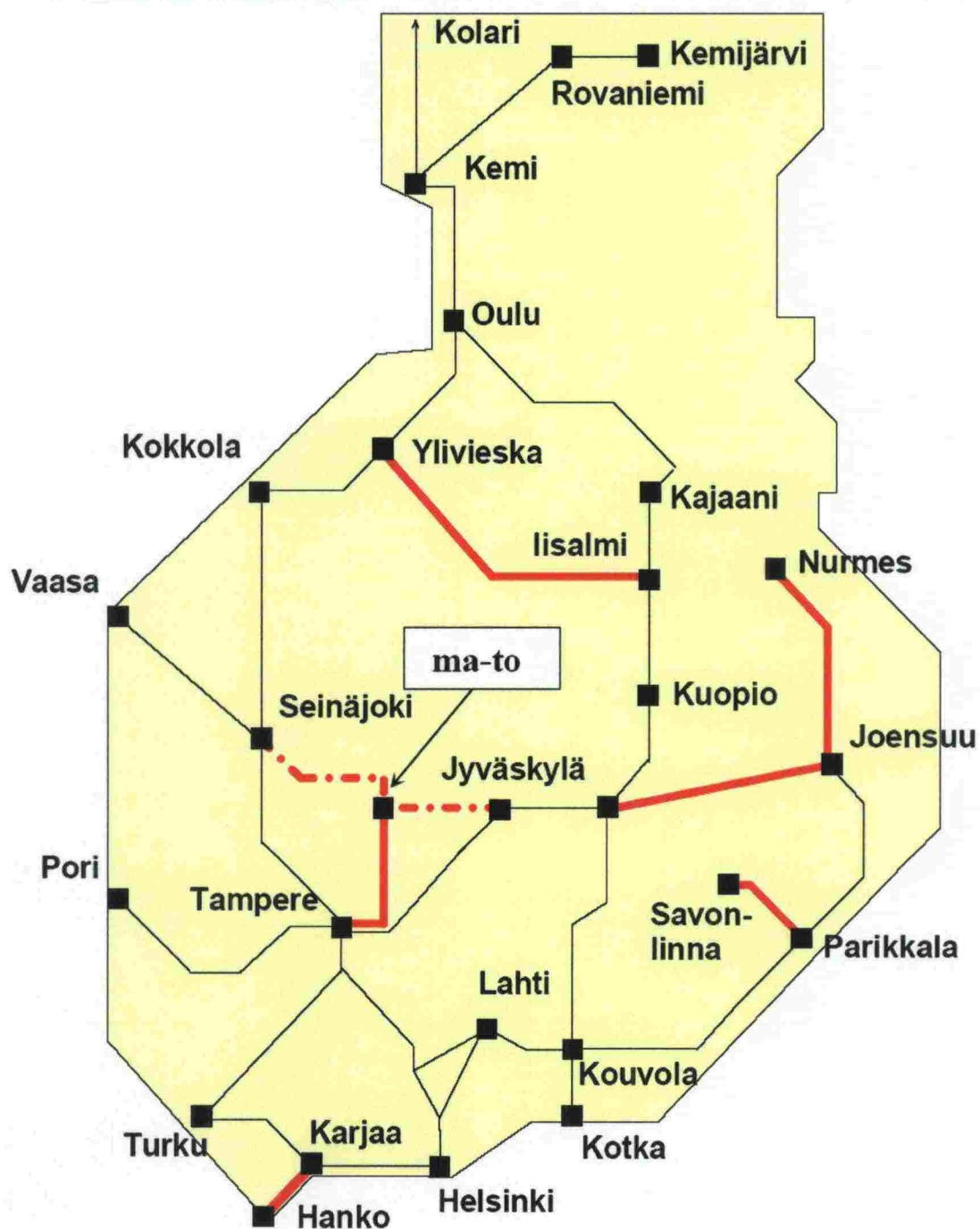
Siniset taajama- ja pikajunat 3.9.2006 alkaen (VR 2007)

Siniset taajama- ja pikajunat 3.9.2006 alk.



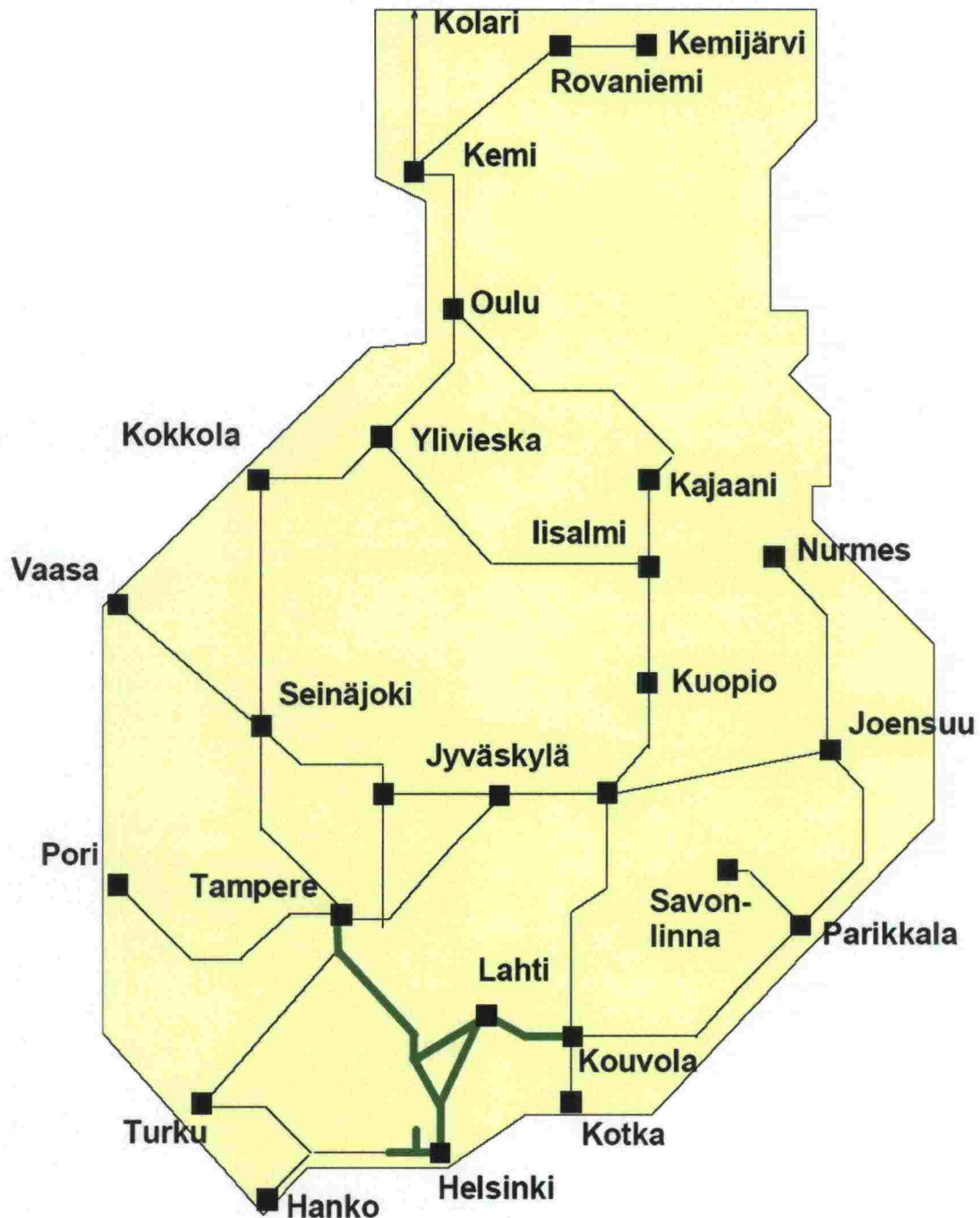
Kiskobussireitit 3.9.2006 alkaen (VR 2007)

Kiskobussireitit 3.9.2006 alk.

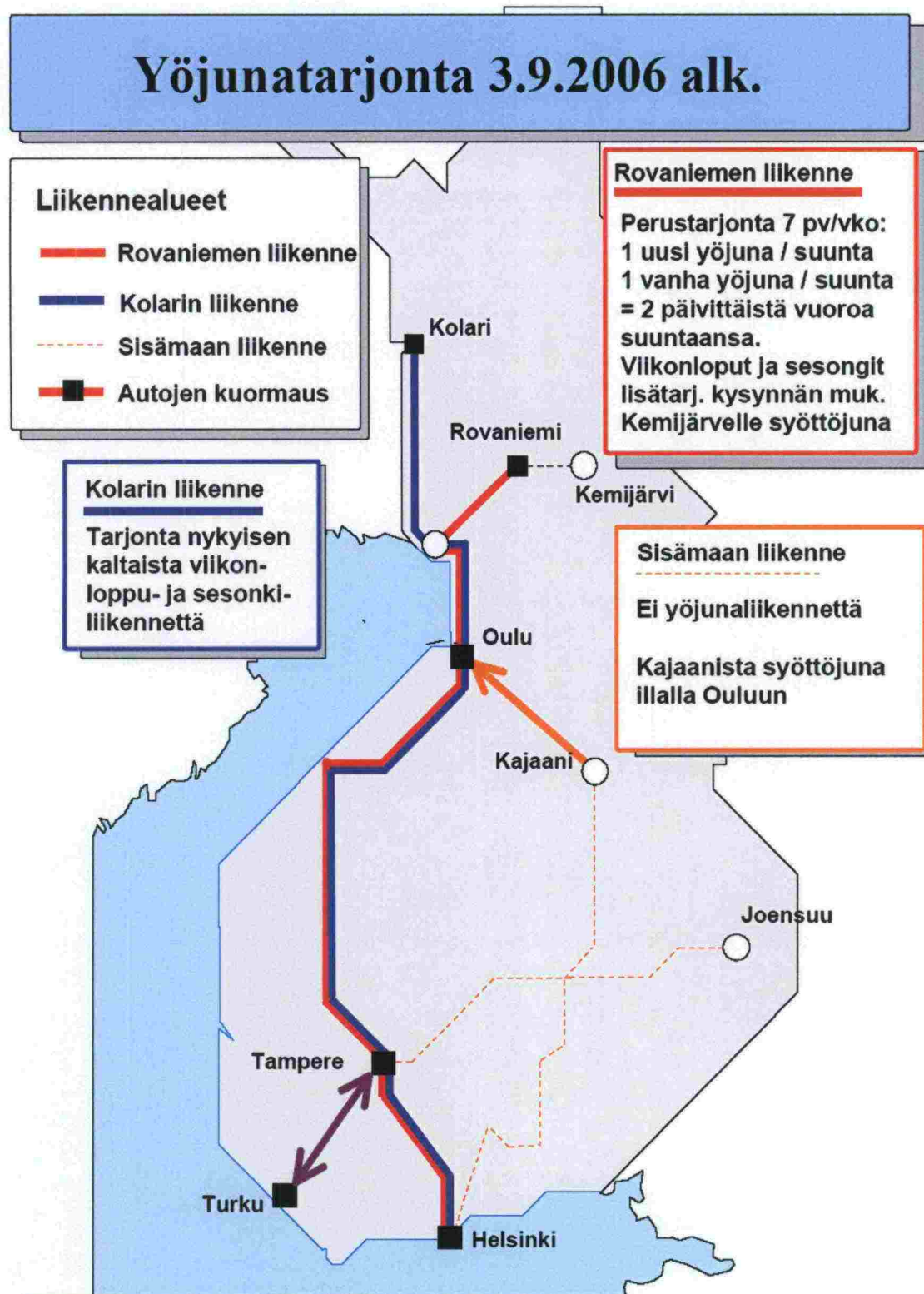


Sm4-kaupunkijunien reitit 3.9.2006 alkaen (VR 2007)

Sm4-kaupunkijunien reitit 3.9.2006 alk.

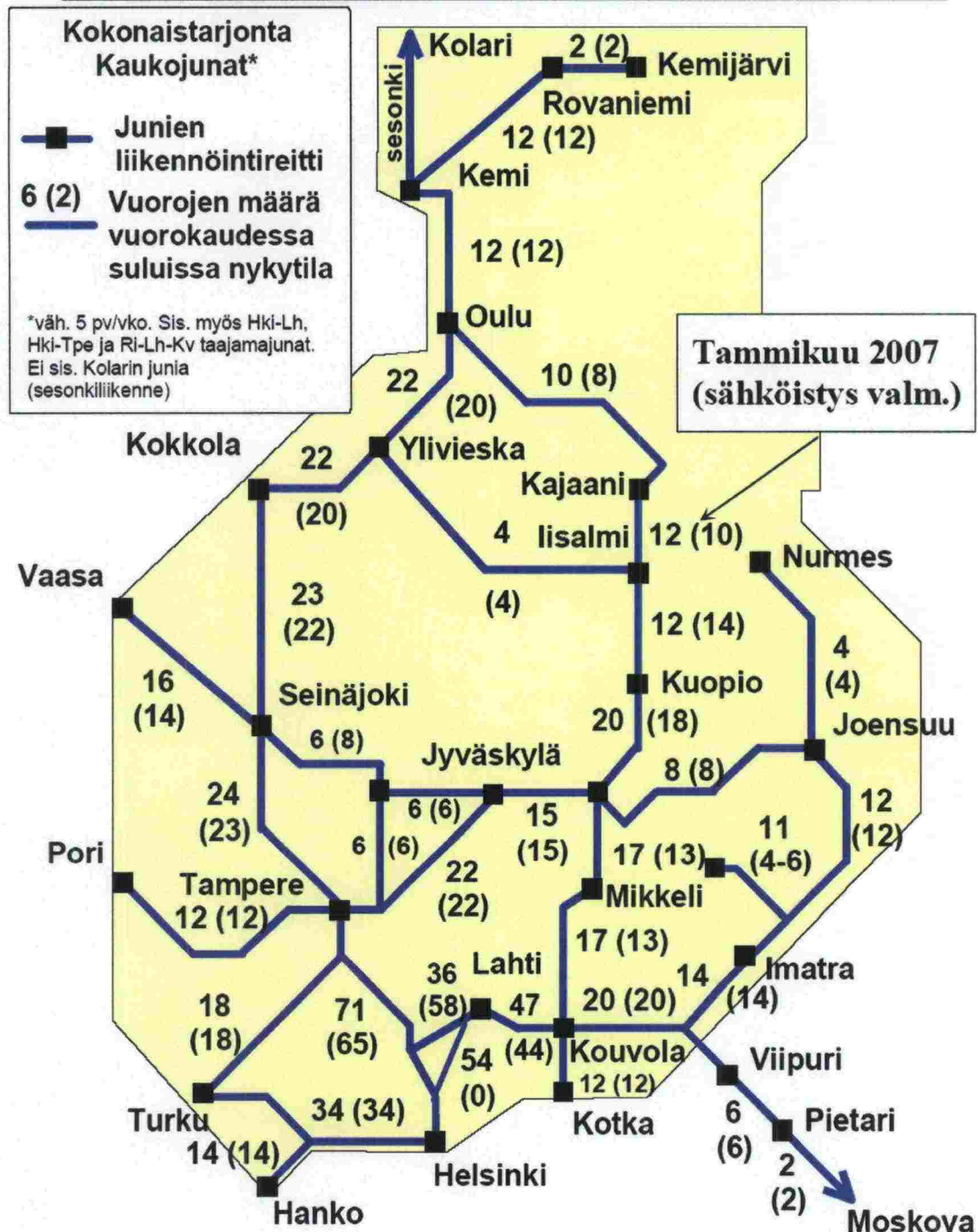


Yöjunatarjonta 3.9.2006 alkaen (VR 2007)

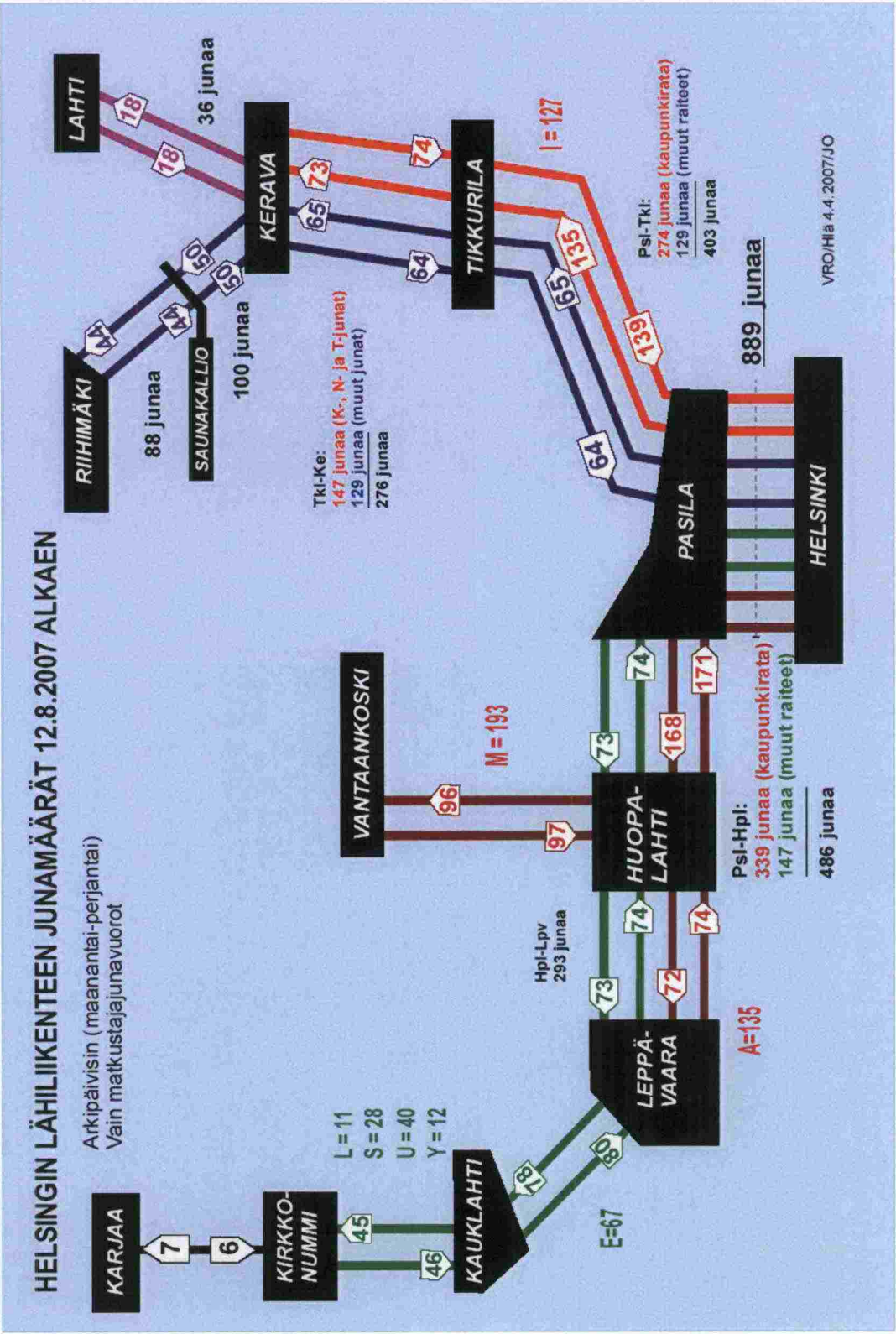


Kokonaisjunatarjonta 3.9.2006 alkaen (VR 2007)

Kokonaisjunatarjonta 3.9.2006 alk.



Pääkaupunkiseudun junamäärät (VR 2007)



RATAHALLINTOKESKUKSEN JULKAISUJA A-SARJASSA

- 1/2004 Tavaraliikenteen ratapihavisio ja -strategia 2025
- 2/2004 Rautateiden kaukoliikenteen asemien palvelutaso ja kehittämistarpeet
- 3/2004 Rautatieinfrastruktuurin elinkaarikustannukset
- 4/2004 Murskatun kalliokiviaineksen hienoneminen ja routivuus radan rakennekerroksissa
- 5/2004 Radan kulumisen rajakustannukset vuosina 1997–2002
- 6/2004 Marginal Rail Infrastructure Costs in Finland 1997–2002
- 7/2004 Ratakapasiteetin jakamisen vaatimukset ja liikenteen suunnittelun tila
- 8/2004 Stabiiliteetiltaan kriittiset ratapenkereet, esitutkimus
- 9/2004 Ratapenkereitten leveys ja luiskakaltevuus, esitutkimus
- 10/2004 Lähtökohtia ratapihojen kapasiteetin mittaamiseen
- 1/2005 Sähköratamaadoitusten perusteet – suojarakenteet, rakennukset ja laiturirakenteet
- 2/2005 Kerava–Lahti-oikoradan ennen-jälkeen vaikutusarviointi, ennen-vaiheen selvitys
- 3/2005 Ratatietojen kuvaaminen – ratatietokanta ja verkkoselostus
- 4/2005 Kaakkois-Suomen rataverkon tavaraliikenteen kehittäminen
- 1/2006 Ratahallintokeskuksen tutkimus- ja kehittämisstrategia
- 2/2006 Rautatie ja sen vaarat osana lasten ympäristöä
- 3/2006 Matkustajainformaatiojärjestelmien arviointi Tampereen, Toijalan ja Hämeenlinnan rautatieasemilla
- 4/2006 Radan välityskyvyn mittaamisen ja tunnuslukujen kehittäminen
- 5/2006 Deformation behaviour of railway embankment materials under repeated loading
- 6/2006 Research and Development Strategy of the Finnish Rail Administration
- 7/2006 Rautatieliikenne 2030 -suunnitelman lähtökohdat ja vaikutustarkastelut
- 8/2006 Vanhojen, paalutettujen ratapenkereiden korjaus
- 9/2006 Ratarakenteessa käytettävien kalliomurskeiden hienoneminen ja routimisherkkyyys
- 10/2006 Radan stabiiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet
Kirjallisuustutkimus ja laskennallinen tausta-aineisto
- 11/2006 Rautatieinfrastruktuurin kehitystarpeet suuryksikkökuljetusten yleistyessä
- 12/2006 Pasilan aseman esteettömyyskartoitus ja toimenpideohjelma
- 1/2007 Akselipainon noston tekniset edellytykset ja niiden soveltuminen
Luumäki–Imatra-rataosuudelle
- 2/2007 Radan kulumisen rajakustannukset 1997–2005
- 3/2007 Marginal Rail Infrastructure Costs in Finland 1997–2005
- 4/2007 Ratarakenteen kuormituksen määrittäminen stabiiliteettitarkasteluihin
- 5/2007 Pohjois-Suomen rataverkon tavaraliikenteen kehittäminen
- 6/2007 Suomen rataverkon tärinäselvitys
Kirjallisuuskatsaus ja tärinäkohteet vuosina 2000–2006
- 7/2007 Luvattomien radanyhteyksien välttäminen
- 8/2007 Maatutkatekniikan hyödyntäminen radan tukikerroksen kunnon arvioinnissa
- 9/2007 Markkinoilletulo ja rautatiemarkkinoiden muutos kotimaisen tavaraliikenteen avautuessa kilpailulle Suomessa
- 10/2007 Rautatieliikenne 2030 -suunnitelman liikenne-ennusteet
- 11/2007 Logistiikkakeskusten tie- ja ratayhteydet
- 1/2008 Aikataulusuunnittelu ja rautatieliikenteen täsmällisyys
- 2/2008 Rautatieliikenteen simuloinnin merkitys ratakapasiteettihakemusten yhteensovittamisessa



**RATAHALLINTOKESKUS
BANFÖRVALTNINGSCENTRALEN**

Julkaisija:
Ratahallintokeskus
Keskuskatu 8, PL 185, 00101 Helsinki
puh. 020 751 5111, fax 020 751 5100
www.rhk.fi

ISBN 978-952-445-218-2 (nid.)
ISBN 978-952-445-219-9 (pdf)
ISSN 1455-2604